

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

①9 BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**

⑩ **DE 197 42 370 A 1**

⑤1 Int. Cl. 6:

B 62 D 5/04

B 62 D 6/00

②1 Aktenzeichen: 197 42 370.1

②2 Anmeldetag: 25. 9. 97

④3 Offenlegungstag: 2. 4. 98

DE 197 42 370 A 1

③0 Unionspriorität:

P 260542/96	01.10.96	JP
P 282874/96	07.10.96	JP
P 151075/97	09.06.97	JP

⑦1 Anmelder:

NSK Ltd., Tokio/Tokyo, JP

⑦4 Vertreter:

Grünecker, Kinkeldey, Stockmair & Schwanhäusser,
Anwaltssozietät, 80538 München

⑦2 Erfinder:

Endo, Shuji, Maebashi, Gunma, JP; Kobayashi,
Hideyuki, Maebashi, Gunma, JP; Chin, Kei,
Maebashi, Gunma, JP; Itakuru, Yusuke, Maebashi,
Gunma, JP; Kawada, Hideaki, Maebashi, Gunma, JP

⑤4 Steuerung eines elektrischen Lenksystems

⑤7 Es wird eine Steuerung eines elektrischen Lenksystems bereitgestellt, die die Lenkungsleistung verbessern kann durch Schätzen einer Motorwinkelgeschwindigkeit ω im Bereich, in dem die Winkelgeschwindigkeit eines Motors klein ist, und um darüber hinaus sehr genau die Motorwinkelgeschwindigkeit zu schätzen, und die somit vollständig die Funktionen für das Kompensieren der Trägheit des Motors und der Steuerung der Astringenz eines Fahrzeuges zeigt. Da der Schätzfehler einer elektromotorischen Gegenkraft zwischen einem Modellmotor und einem Motor, der tatsächlich montiert werden soll, proportional zum Motorstrom ist, wird eine Totzone einer Motorwinkelgeschwindigkeit, die eine Breite hat, die proportional einem Motorstrom ist, auf den geschätzten Wert der Motorwinkelgeschwindigkeit gesetzt. Wenn der Motorstrom klein ist, so nimmt auch die Breite der Totzone ab. Somit ist es möglich, die Winkelgeschwindigkeit ω selbst in einem Gebiet zu schätzen, wo die Motorwinkelgeschwindigkeit klein ist. Darüber hinaus wird eine Motorwinkelgeschwindigkeit durch Definieren von Impedanzmodellen eines Motoransteuersystems in einer intermittierenden Betriebsart und einer kontinuierlichen Betriebsart geschätzt.

DE 197 42 370 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 02. 98 802 014/757

26/23

HINTERGRUND DER ERFINDUNG

GEBIET DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Steuerung eines elektrischen Lenkungslenksystems, das ausgebildet ist, um eine Lenkunterstützungskraft, die durch einen Elektromotor erzeugt wird, an das Lenksystem eines Autos oder eines Fahrzeugs zu liefern, insbesondere auf eine Steuerung eines elektrischen Lenkungslenksystems, die es möglich macht, solche Lenkoperationen in der gesamten Steuergenauigkeit und der Nachführungscharakteristik durch ein sehr genaues Schätzen einer Motorwinkelgeschwindigkeit, ohne von der Temperatur oder derartigen Dingen beeinflusst zu sein, zu verbessern. Darüberhinaus bezieht sich die vorliegende Erfindung auf eine Steuerung eines elektrischen Lenkungslenksystems für das ökonomische Erkennen eines Motorstromwertes, wenn eine H-Brückenschaltung mit Halbleiterelementen für eine Motoransteuerschaltung verwendet wird.

BESCHREIBUNG DES STANDES DER TECHNIK

Ein elektrisches Lenkungslenksystem für ein Fahrzeug erkennt eine Lenkdrehkraft und eine Fahrzeuggeschwindigkeit, die an einer Lenkwelle durch Betätigen eines Lenkrades erzeugt wird, berechnet einen Lenkunterstützungsbefehlswert in Übereinstimmung mit dem Detektionssignal und unterstützt die Lenkkräft des Lenkrades durch Ansteuern eines Motors in Übereinstimmung mit dem berechneten Lenkunterstützungsbefehlswert. Eine elektronische Steuerschaltung, die einen Mikrocomputer (oder einen Mikroprozessor) umfaßt, wird verwendet, um den Lenkunterstützungsbefehlswert zu berechnen und den Motor gemäß dem Befehl zu steuern. Das obige konventionelle elektrische Lenkungslenksystem führt die Rückkoppelsteuerung eines Motorstroms aus, um eine Unterstützungsdrehkraft (Lenkunterstützungsdrehkraft) genau zu erzeugen. Die Rückkoppelsteuerung stellt eine an den Motor angelegte Spannung so ein, daß die Differenz zwischen einem Stromsteuerwert und einem erkannten Motorstromwert abnimmt, wobei die an den Motor angelegte Spannung durch das Einstellen des Tastverhältnisses einer PWM (Pulsbreitenmodulation) Steuerung allgemein eingestellt wird.

In diesem Fall wird eine allgemeine Struktur des elektrischen Lenkungslenksystems nachfolgend unter Bezug auf Fig. 1 erläutert. Eine Welle 2 eines Lenkrades 1 ist mit einer Spurstange 6 der sich bewegenden Räder durch Reduktionsgetriebe 3, Universalgelenke 4a und 4b und einen Zahnrad/Zahnstangenmechanismus 5 verbunden. Die Welle 2 ist mit einem Drehkraftsensor 10 für das Detektieren der Lenkdrehkraft auf das Lenkrad 1 versehen, und ein Motor 20 für das Unterstützen der Lenkkräft des Lenkrades ist mit der Welle 2 durch eine Kupplung 21 und das Reduktionsgetriebe 3 verbunden. Die elektrische Leistung wird einer Steuereinheit 30 für das Steuern des Lenkungslenksystems von einer Batterie 14 durch einen Zündschlüssel 11 zugeführt. Die Steuereinheit 30 berechnet einen Lenkungsunterstützungsbefehlswert I eines Unterstützungsbefehls gemäß einer Lenkdrehkraft T, die durch den Drehkraftsensor 10 detektiert wird, und einer Fahrzeuggeschwindigkeit

V, die durch einen Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 12 detektiert wird, und steuert den Strom, der an den Motor 20 geliefert werden soll, gemäß dem berechneten Lenkungsunterstützungsbefehlswert I. Die Kupplung 21 wird durch die Steuereinheit 30 an- und abgeschaltet, und wird im normalen Betriebszustand angeschaltet (verbunden). Darüberhinaus wird die Kupplung 21 abgeschaltet (gelöst), wenn die Steuereinheit 30 beurteilt, daß das Lenkungslenksystem zusammengebrochen ist und die Leistungsversorgung (Spannung Vb) der Batterie 14 durch den Zündschlüssel 11 abgeschaltet ist.

Die Steuereinheit 30 enthält hauptsächlich eine CPU. Fig. 2 zeigt allgemeine Funktionen, die durch ein Programm in der CPU ausgeführt werden. Beispielsweise zeigt ein Phasenkompensierer 31 keinen Phasenkompensierer, der als unabhängige Hardware dient, sondern er zeigt eine Phasenkompensationsfunktion, die durch die CPU ausgeführt werden soll. Funktionen und Operationen der Steuereinheit 30 werden unten beschrieben.

Die Lenkdrehkraft T, die durch den Drehkraftsensor 10 detektiert und eingegeben wird, wird durch den Phasenkompensierer 31 in der Phase kompensiert, um die Stabilität des Lenksystems zu verbessern, und eine phasenkompensierte Lenkdrehkraft TA wird in eine Lenkunterstützungsbefehlswertberechnungseinheit 32 eingegeben. Darüberhinaus wird die Fahrzeuggeschwindigkeit V, die durch den Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 12 detektiert wird, auch in die Lenkunterstützungsbefehlswertberechnungseinheit 32 eingegeben. Die Lenkunterstützungsbefehlswertberechnungseinheit 32 bestimmt den Lenkunterstützungsbefehlswert I, der einen Steuerzielwert eines Stromes darstellt, der an den Motor 20 geliefert werden soll, gemäß der eingegebenen Lenkungslenkdrehkraft TA und der eingegebenen Fahrzeuggeschwindigkeit V, die mit einem Speicher 33 geliefert wird. Der Speicher 33 speichert den Lenkungsunterstützungsbefehlswert I, der der Lenkungslenkdrehkraft entspricht, durch Verwendung der Fahrzeuggeschwindigkeit V als Parameter und die Lenkungslenkbefehlswertberechnungseinheit 32 berechnet den Lenkungsunterstützungsbefehlswert I. Der Lenkungslenkbefehlswert I wird in einen Subtrahierer 30A und einen differentiellen Kompensierer 34 für ein Optimalwertsystem eingegeben, um die Reaktionsgeschwindigkeit zu erhöhen, eine Abweichung (I - i) des Subtrahierers 30A wird in eine Proportionalberechnungseinheit 35 eingegeben und die proportionale Ausgangsgröße der Proportionalberechnungseinheit 35 wird in einen Addierer 30B und auch in eine Integralberechnungseinheit 36 gegeben, um die Charakteristik eines Rückkoppelsystems zu verbessern. Ausgangssignale des differentiellen Kompensierers 34 und der integralen Berechnungseinheit 36 werden auch zusätzlich in den Addierer 30B eingegeben, und ein Stromsteuerwert E, der das Ergebnis einer Addition durch den Addierer 30B ist, wird in eine Motoransteuerschaltung 37 als Motoransteuersignal gegeben. Ein Motorstromwert T' eines Motors 20 wird durch eine Motorstromdetektionsschaltung 38 detektiert, in den Subtrahierer 30A eingegeben und zurückgegeben.

Ein Struktur einer Motoransteuerschaltung 37 wird nachfolgend unter Bezug auf Fig. 3 beschrieben. Die Motoransteuerschaltung 37 umfaßt eine FET-Gate-Ansteuerschaltung 371 für das Ansteuern der Gate-Anschlüsse von Feldeffekttransistoren (FETs) FET1 bis FET4 gemäß dem Stromsteuerwert E, der vom Addierer 30B geliefert wird, eine H-Bückenschaltung, die die

FET1 bis FET4 umfaßt, und eine verstärkende Leistungsversorgung 372 für das Ansteuern der hohen Seite des FET1 und FET2. Der FET1 und der FET2 werden gemäß einem PWM-Signal mit einem Tastverhältnis D1, das gemäß dem Stromsteuerwert E bestimmt wird, an/ausgeschaltet, und die Größe eines Stromes I_r , der tatsächlich durch den Motor 20 fließt, wird gesteuert. Die FET3 und FET4 werden gemäß einem PWM-Signal mit einem Tastverhältnis D2, das durch eine vorbestimmte Linearfunktionsformel (" $D2 = a \cdot D1 + b$ ", wenn man annimmt, daß "a" und "b" Konstanten sind) bestimmt wird, in einem Gebiet, wo das Tastverhältnis D1 klein ist, angesteuert, und sie werden in Übereinstimmung mit der Drehrichtung des Motors 20, die durch den Kode eines PWM-Signals bestimmt wird, nachdem das Tastverhältnis D2 auch 100% erreicht an- und ausgeschaltet.

Fig. 4 zeigt die Beziehung zwischen dem An/Aus Zustand der FET1 bis FET4 der in Fig. 3 gezeigten H-Brückenschaltung und des Stroms, der durch den Motor 20 fließt. Wenn beispielsweise der FET3 angeschaltet wird, so fließt der Strom durch den FET1, Motor 20, FET3 und den Widerstand R1 (Betriebsart A) und ein positiv gerichteter Strom fließt durch den Motor 20. Darüberhinaus fließt, wenn der FET4 angeschaltet ist, der Strom durch den FET2, den Motor 20, FET4 und den Widerstand R2 (Betriebsart A), und ein negativ gerichteter Strom fließt durch den Motor 20. Somit dient der Stromsteuerwert E, der vom Addierer 30B geliefert wird, auch als PWM-Ausgangssignal.

Darüberhinaus fließt, wenn der FET1 abgeschaltet wird, und der FET3 angeschaltet wird, der Strom durch die regenerative Diode des FET4 (Betriebsart B). Wenn die FET1 und FET3 abgeschaltet werden, so wird die magnetische Energie, die im Motor 20 gespeichert ist, in elektrische Energie umgewandelt und der Strom fließt durch die regenerativen Dioden der FET2 und FET4 (Betriebsart C). Dann detektiert die Motorstromdetektionsschaltung 38 die Größe des positiv gerichteten Stroms gemäß dem Spannungsabfall an beiden Enden des Widerstands R1 und detektiert darüberhinaus die Größe des negativ gerichteten Stroms gemäß dem Spannungsabfall an beiden Enden des Widerstands R2. Der Motorstromwert "i", der durch die Motorstromdetektionsschaltung 38 detektiert wird, wird in den Subtrahierer 30A eingegeben und zurückgekoppelt.

Die Fig. 5A und 5B zeigen einen Effektivstrom I_e und eine Effektivspannung V_m in den Konten A bis C. Das heißt, die Betriebsart B ist eine regenerierende Betriebsart in der H-Brückenschaltung, und in der Betriebsart B tritt ein Verlust durch den Substratwiderstand oder die Durchlaßspannung einer Diode auf. Somit tritt eine Differenz zwischen den Zeiten auf, wenn die Betriebsarten A und C auftreten. Somit wird die Effektivspannung V_m erzeugt, und es wird eine Impedanz " $R = V_m/I_e$ " erzeugt.

Im Falle des obigen elektrischen Leistungslenkungssystems fließt, wenn der Lenkungsmechanismus seine Grenzposition als Ergebnis eines vollständigen Drehens des Lenkrades erreicht, oder wenn das Lenkrad nicht gedreht werden kann, da ein Rad einen Randstein einer Straße berührt (nachfolgend wird dieses Zustand als "Endkontakt" bezeichnet), ein übermäßiger Strom kontinuierlich durch einen Motor, und somit brennt der Motor durch, da eine Lenkdrehkraft durch Betätigen des Lenkrades erzeugt wird, obwohl der Motor zur Unterstützung einer Lenkkraft nicht gedreht wird, und somit wird elektrische Leistung verschwendet. Somit wird eine Struktur verwendet, die den Strom, der an den

Motor geliefert werden soll, langsam erniedrigt, wenn festgestellt wird, daß man sich im Endkontaktzustand befindet.

Der Endkontaktzustand kann durch das direkte Detektieren einer Lenkungswinkelgeschwindigkeit durch einen Lenkungswinkelgeschwindigkeitssensor oder gemäß der Winkelgeschwindigkeit eines Motors ermittelt werden. Um die Winkelgeschwindigkeit des Motors zu erhalten, sind die folgenden Verfahren bekannt: ein Verfahren zur Detektion der Rotationsgeschwindigkeit des Motors und des Schätzens einer Winkelgeschwindigkeit des Motors gemäß der Rotationsgeschwindigkeit des Motors und ein Verfahren zum Schätzen der Rotationsgeschwindigkeit des Motors gemäß einer Spannung, die an den Motor geliefert werden soll und dem Motorstrom und dem Schätzen einer Winkelgeschwindigkeit des Motors gemäß der angenommenen Motorrotationsgeschwindigkeit.

Das Verfahren zur Detektion der Rotationsgeschwindigkeit des Motors, um die Winkelgeschwindigkeit des Motors zu erhalten, erfordert jedoch neue Teile, wie beispielsweise einen Rotationsgeschwindigkeitssensor und bewirkt eine Erhöhung der Kosten. Darüberhinaus treten, wenn die Rotationsgeschwindigkeit des Motors gemäß einer Spannung, die an den Motor geliefert wird, und des Motorstroms geschätzt wird, Probleme auf, dadurch daß der geschätzte Wert der Rotationsgeschwindigkeit fluktuiert durch die Änderung der Umgebungstemperatur oder Fluktuationen in der Batteriespannung, wodurch Fehler erzeugt werden.

Um die obigen Probleme zu lösen, schlägt der vorliegende Anmelder ein Verfahren zum Schätzen einer Winkelgeschwindigkeit eines Motors gemäß einer elektromotorischen Gegenkraft, die im Motor erzeugt wird, einer Spannung zwischen den Anschlüssen des Motors und eines detektierten Motorstromwertes (siehe offengelegtes japanisches Patent Nr. 67262/1996) vor.

Das heißt, die elektromotorische Gegenkraft $K_T \cdot \omega$, die in einem Motor erzeugt wird, kann durch den folgenden Ausdruck (1) dargestellt werden:

$$K_T \cdot \omega = (V_m - R \cdot i) \quad (1)$$

wobei:

- 45 K_T eine elektromotorische Gegenkraftkonstante ist,
- ω die Winkelgeschwindigkeit des Motors ist,
- V_m die Spannung zwischen den Motoranschlüssen ist,
- R: der Widerstand zwischen den Motoranschlüssen ist; und
- 50 i : der Motorstrom (detektierter Wert) ist.

Somit kann die Winkelgeschwindigkeit ω des Motors durch den folgenden Ausdruck (2) dargestellt werden:

$$\omega = (V_m - R \cdot i) / K_T \quad (2)$$

Das heißt, die elektromotorische Gegenkraftkonstante K_T und der Widerstand R zwischen den Motoranschlüssen sind innere Werte des Motors, und die Spannung V_m zwischen den Anschlüssen des Motors wird durch eine Batteriespannung V_b und ein Tastverhältnis D bestimmt, wobei es sich um ein An/Aus-Zeitverhältnis handelt, wenn der Motor gemäß den Ansteuerimpulsen ($V_m = V_b \cdot D$) angesteuert wird. Somit ist es möglich, die Winkelgeschwindigkeit ω des Motors durch Erhalten eines detektierten Motorstromwertes i zu schätzen.

Im Fall des Betriebes eines geschätzten Wertes der Winkelgeschwindigkeit ω des obigen Motors, werden die elektromotorische Gegenkraftkonstante K_T und der

Widerstand R zwischen den Anschlüssen des Motors als innere Werte behandelt. Diese Werte werden durch die elektrischen Eigenschaften eines Modellmotors, der in einer Gestaltungsbeschreibung spezifiziert wird, bestimmt. Fluktuationen durch Herstellungsfehler oder eine Variation durch die Änderung der Umgebungs-
 5 betriebstemperaturen treten bei der elektromotorischen Gegenkraftkonstante K_T und dem Widerstand R zwischen den Anschlüssen des Motors, der tatsächlich in einem Fahrzeug montiert ist auf, wobei es sich dabei um elektrische Kennzeichen des Motors handelt. Somit wird ein leichter Fehler zwischen den elektrischen Kennzeichen des Modellmotors und solchen des Motors, der tatsächlich im Fahrzeug montiert ist, erzeugt. Somit tritt auch ein Fehler in der elektromotorischen Gegenkraftkonstante K_T auf, und es ist ein Fehler im geschätzten Wert der Motorwinkelgeschwindigkeit ω enthalten. Dieser Fehler wird als Offset-Fehler bezeichnet.

Wenn der Drehzustand des Motors durch Verwendung des geschätzten Wertes der Motorwinkelgeschwindigkeit ω , der den Offset-Fehler einschließt, beurteilt wird, kann ein fehlerhaftes Signal ausgegeben werden, das anzeigt, daß sich der Motor dreht, obwohl das Lenkrad festgehalten wird, das heißt, die Motor sich nicht dreht. Um das fehlerhafte Signal zu vermeiden, wird erwogen konstante Totzonen "a" und "a" für die Winkelgeschwindigkeit ω des Motors vorzusehen, wie das in Fig. 6 gezeigt ist, und die Winkelgeschwindigkeit als null zu behandeln, in einem Bereich, indem die elektromotorische Gegenkraft $K_T \cdot \omega$ klein ist. In diesem Fall tritt jedoch ein Problem auf, dadurch, daß die Winkelgeschwindigkeit ω nicht im Bereich geschätzt werden kann, in dem die elektromotorische Gegenkraft $K_T \cdot \omega$ klein ist.

Darüberhinaus können im allgemeinen Kennzeichen eines Ansteuerverfahrens ignoriert werden, wenn eine PWM-Ansteuerfrequenz im Verhältnis zur elektrischen Zeitkonstanten des Motors hoch genug ist. Wenn jedoch ein Motoransteuerungsverfahren ein Verfahren der PWM-Ansteuerung verwendet und obere und untere FETs, die in einer Diagonalen in der H-Brückenschaltung, die in Fig. 3 gezeigt ist, angeordnet sind, wird eine Totzone DB im Tastverhältnis der Motorstromcharakteristik erzeugt, wie das in Fig. 7 gezeigt ist. In Fig. 7 zeigt eine Kurve B1 ein normales Lenken (Winkelgeschwindigkeit $\omega = 0$) und eine Kurve A1 zeigt die Radrückstelllenkung. Da der Strom in einem PWM-Zyklus in der Totzone DB intermittierend fließt, wird dieser Fall als "intermittierende Betriebsart" bezeichnet. Die intermittierende Betriebsart ist eine Betriebsart, in der ein Strom I in einem Zyklus des PWM "0" wird, wie das in Fig. 8A gezeigt ist. Wenn der Strom I in einem Zyklus nicht gleich "0" wird, wie das durch die gestrichelten Linien in Fig. 8A gezeigt ist, so wird der Strom, wenn I nicht null ist, sequentiell überlagert und eine kontinuierliche Betriebsart wird festgesetzt, in welcher der Strom I zunimmt, wie das in Fig. 8B gezeigt ist. In der kontinuierlichen Betriebsart ist eine vorübergehende Antwort, die der elektrischen Charakteristik des Motors entspricht, gezeigt, wenn der PWM-Zyklus im Verhältnis zur elektrischen Zeitkonstante des Motors kurz genug ist. Darüberhinaus kann in der intermittierenden Betriebsart, da ein Ansteuerungsverfahren den Strom und die an den Motor angelegte Effektivspannung beeinflusst, der Einfluß des Ansteuerverfahrens auf die Impedanz eines Ansteuersystems nicht ignoriert werden.

Somit wird im Falle eines konventionellen Schätzver-

fahrens, in welchem der Einfluß eines Ansteuersystems nicht berücksichtigt wird, ein Motorwinkelgeschwindigkeitsschätzungsfehler auftreten, so daß sich das Impedanzmodell vom tatsächlichen Modell unterscheidet. Das heißt, da das konventionelle Schätzverfahren eine an den Motor angelegte Spannung gemäß dem Tastverhältnis und einer Batteriespannung annimmt, so tritt ein Fehler im geschätzten Wert der an den Motor angelegten Spannung auf. Im Ergebnis tritt, wie das durch die Kurve V1 in Fig. 14 gezeigt ist, ein Problem auf, dadurch, daß die Schätzung durchgeführt wird, als wenn sich der Motor drehen würde, wobei sich in Wirklichkeit der Motor nicht dreht, oder dadurch daß die Winkelgeschwindigkeit als ein zu kleiner Wert angenommen wird, in einem Gebiet, in dem der Strom klein ist. Das heißt, man erhält eine elektromotorische Gegenkraft als Differenz zwischen der Kurve V2, wenn ω gleich "0" ist, und der tatsächlichen Kurve V1 der Darstellung des Stroms I zur Spannung V_m zwischen den Motoranschlüssen, die in Fig. 14 gezeigt sind. Somit wird die Differenz "e" zwischen der Kurve V2, wenn ω gleich "0" ist, und der tatsächlichen Kurve V1 ein Offset-Fehler, und somit wird die Schätzung ausgeführt, als ob sich der Motor drehen würde, obwohl ω gleich 0 ist. Da das konventionelle Schätzmodell V2 die Impedanz der intermittierenden Betriebsart nicht betrachtet, so tritt ein Offset-Fehler auf. In Fig. 14 ist "y1" gleich V_m/I_e und "y2" bezeichnet eine Impedanz, die nahezu gleich dem inneren Widerstand des Motors ist. Das obige Steuersystem führt die Kompensation der Trägheit des Motors durch, die Steuerung der Astringenz der Giergeschwindigkeit eines Fahrzeugs und die Kompensation der Reibung des elektrischen Lenkungslenkungssystems. Diese Steuerungen funktionieren jedoch nicht vollständig, und somit wird die Lenkungsleistung gestört.

Darüberhinaus müssen im Falle der Motorstromdetektionsschaltung 38 Ströme in beiden Richtungen für die Widerstände $R1$ und $R2$ detektiert werden, und somit besteht der Nachteil, daß eine Stromdetektionsschaltung des bidirektionalen Typs teuer wird. Wenn eine billige Stromdetektionsschaltung des unidirektionalen Typs verwendet wird, muß der Effektivstrom I_m , der in Fig. 9C gezeigt ist, durch Steuerung der FET1 bis FET4 durch das erste Tastverhältnis D1, das in Fig. 9A
 45 gezeigt ist, und das zweite Tastverhältnis D2, das in Fig. 9B gezeigt ist, in der FET-Gate-Ansteuerschaltung 371 gemessen werden. Wenn jedoch der Strom als der Spannungsabfall, der in den Widerständen $R1$ und $R2$, die in einem Arm in Serie in der Stromdetektionsschaltung des unidirektionalen Typs eingefügt sind, erzeugt wird, gemessen wird, die in Fig. 9C gemachte Messung nicht vorgenommen werden kann, oder der Strom $i(C)$ im Knoten C in Fig. 9D nicht detektiert werden kann, erhält man einen zackenlosen Strom und somit den mittleren Strom zwischen den Strömen $i(A)$ und $i(B)$ in der Betriebsart C in Fig. 9D. Somit kann der genaue Strom I_m nicht detektiert werden. Das heißt, es ist möglich, den Motorstrom I_m , der tatsächlich durch den Motor 20 fließt, in jeder der Betriebsarten A bis C in einem Zyklus eines PWM-Signals durch die folgende Gleichung (3) darzustellen:

$$I_m = i(A) + i(B) + i(C) \quad (3)$$

Darüberhinaus wird die Gesamtsumme des Stromes "I", der durch die Stromdetektionsschaltung des unidirektionalen Typs detektiert wird, durch die folgende Gleichung (4) gezeigt, da der Strom $i(C)$ in der Betriebs-

art C nicht detektiert wird.

$$i' = i(A) + i(B) \quad (4)$$

Um den Motorstrom I_m durch die Strömdetektionsschaltung des unidirektionalen Typs genau zu messen, ist es notwendig, den Strom $i(B)$ in der Betriebsart B durch eine Abtast- und Halteschaltung zu halten, den Strom $i(C)$ in der Betriebsart C zu interpolieren, und darüberhinaus den Strom $i(C)$ durch ein Tiefpaßfilter zu geben, um Rauschen zu entfernen. Es tritt somit das Problem auf, daß die Kosten unvermeidlich erhöht werden.

ZUSAMMENFASSUNG DER ERFINDUNG

Die vorliegende Erfindung wird gemacht, um die obigen Probleme zu lösen, und ihre Aufgabe besteht darin, eine Steuerung eines elektrischen Leistungslenkungssystems zu liefern, die die Lenkungsleistung eines Lenkrades durch ein sehr genaues Schätzen einer Motorwinkelgeschwindigkeit des elektrischen Leistungslenkungssystems verbessert, und somit vollständig die Funktionen des Kompensierens der Trägheit eines Motors und der Steuerung der Astringenz eines Fahrzeuges zeigt.

Eine andere Aufgabe der vorliegenden Erfindung besteht darin, eine Steuerung für ein elektrisches Leistungslenkungssystem für das genaue Detektieren und Korrigieren eines Motorstromwertes durch Verwendung einer billigen unidirektionalen Strömdetektionsschaltung anstelle einer teuren Schaltung, wie einer Abtast-Halte-Schaltung, zu liefern.

Die obigen Aufgaben der vorliegenden Erfindung werden erzielt durch Verwendung einer Steuerung eines elektrischen Leistungslenkungssystems für das Berechnen eines Motorstrombefehlswertes in Übereinstimmung mit einer Lenkdrehkraft, die in der Lenkwelle erzeugt wird, und durch das Steuern einen Motorstrom in Übereinstimmung mit dem berechneten Motorstrombefehlswert, und dem Liefern einer Lenkungsunterstützungskraft, die der Lenkungs-drehkraft eines Lenkungsmechanismus entspricht, in welchem die Motorwinkelgeschwindigkeitsberechnungsvorrichtung für das Schätzen eines Motorwinkelgeschwindigkeit gemäß dem geschätzten Wert einer elektromotorischen Gegenkraft, die in einem Motor erzeugt wird, eine Motorstromdetektionsvorrichtung für das Detektieren eines Stromes, der durch den Motor fließt, und eine Steuervorrichtung für das Steuern des Motorstroms gemäß dem berechneten Motorstrombefehlswert und der geschätzten Motorwinkelgeschwindigkeit eingeschlossen sind, und die Motorwinkelgeschwindigkeitsberechnungsvorrichtung mit einer Totzone versehen ist, die eine vorbestimmte Breite hat, die gemäß einem detektierten Motorstromwert oder Motorstrombefehlswert zum geschätzten Wert der Motorwinkelgeschwindigkeit bestimmt wird, und Null als geschätzte Motorwinkelgeschwindigkeit ausgegeben wird, unabhängig von einem berechneten geschätzten Motorwinkelgeschwindigkeitswert, wenn der berechnete geschätzte Motorwinkelgeschwindigkeitswert im Bereich der Totzone liegt.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Steuerung eines elektrischen Leistungslenkungssystems, die so ausgebildet ist, daß sie einen Motor steuert für das Liefern einer Lenkungsunterstützungskraft an einen Lenkungsmechanismus gemäß einem Stromsteuerwert, der von einem Lenkungsunterstützungsbefehls-

wert berechnet wird, der gemäß einer Lenkungs-drehkraft, die in einem Lenkungs-welle erzeugt wird, berechnet wird, und dem Stromwert des Motors. Die obigen Aufgaben der vorliegenden Erfindung werden durch ein sehr genaues Schätzen der Motorwinkelgeschwindigkeit erzielt und zeigen somit vollständig die Funktionen der Kompensation der Trägheit des Motors und der Steuerung der Astringenz eines Fahrzeuges und der Verbesserung der Lenkungsleistung. Darüberhinaus ist es möglich, eine Totzone proportional zu einem Motorstromwert einzustellen und die Verstärkungen der Totzone zu ändern in Übereinstimmung mit der intermittierenden Betriebsart und der kontinuierlichen Betriebsart.

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf eine Steuerung eines elektrischen Leistungslenkungssystems für die Unterstützungs-Last-Energieversorgung einer Lenkwelle unter der Steuerung eines Motors, in welchem Halbleiterelemente in einer H-Brückenschaltung verbunden sind, und die obigen Aufgaben der vorliegenden Erfindung werden erzielt durch das Vorhandensein einer Ansteuervorrichtung für das Ansteuern der Halbleiterelemente des ersten Armes eines Satzes zweier Halbleiterelemente, die zwei Arme der Brückenschaltung bilden, die einander durch ein PWM-Signal gegenübergestellt werden, das das erste Tastverhältnis hat, das gemäß einem Stromsteuerwert bestimmt wird, und die Halbleiterelemente des zweiten Arms der zwei Arme durch ein PWM-Signal, das das zweite Tastverhältnis aufweist, das durch die Funktion des ersten Tastverhältnisses definiert ist, einer Motorstromdetektionsvorrichtung für das Detektieren eines Motorstromwertes durch die Spannung zwischen den Anschlüssen eines Widerstandes, der zwischen den ersten und zweiten Armen in Serie verbunden ist, und einer Motorstromdetektions- und Korrekturvorrichtung für das Korrigieren des Motorstromwertes gemäß dem zweiten Tastverhältnis. Darüberhinaus ist es möglich, die Motorstromdetektionsvorrichtung als unidirektionale Stromdetektionsvorrichtung auszubilden.

KURZE BESCHREIBUNG DER ZEICHNUNGEN

Fig. 1 ist ein Blockdiagramm, das ein elektrisches Leistungslenkungssystem zeigt;

Fig. 2 ist ein Blockdiagramm, das eine allgemeine innere Struktur einer Steuereinheit zeigt;

Fig. 3 ist ein Verbindungsdiagramm, das eine Motoransteuerschaltung zeigt;

Fig. 4 ist eine Darstellung, die die Stromwege einer H-Brückenschaltung zeigt;

Fig. 5A und 5B sind Darstellungen, die die Effektivspannung und den Effektivstrom in den Betriebsarten A bis C zeigt;

Fig. 6 ist eine Darstellung, die die Beziehung zwischen der elektromotorischen Gegenkraft und einer Motorwinkelgeschwindigkeit zeigt, die in einem Motor erzeugt wird, wenn er sich dreht;

Fig. 7 ist eine Darstellung, die die Kennzeichen des Tastverhältnisses zum Motorstrom (Spannung zwischen den Anschlüssen) zeigt;

Fig. 8A und 8B sind Darstellungen für die Erläuterung einer intermittierenden Betriebsart und einer kontinuierlichen Betriebsart;

Fig. 9A bis 9D sind Zeitdiagramme für das Erläutern der Funktionen einer H-Brückenschaltung;

Fig. 10 ist ein Blockdiagramm, das ein Beispiel einer Steuereinheit gemäß der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 11 ist ein Flußdiagramm für das Erläutern eines Betriebs für das Schätzen einer Motorwinkelgeschwindigkeit, die Kompensation eines Drehkraftverlustes und so weiter;

Fig. 12 ist ein Blockdiagramm, das eine Struktur der vorliegenden Erfindung zeigt;

Fig. 13A bis 13E sind Darstellungen für die Erläuterung des Betriebs der vorliegenden Erfindung;

Fig. 14 ist eine Darstellung, die die Beziehung des Motorstroms zur Spannung zwischen den Motoranschlüssen der vorliegenden Erfindung im Vergleich zum Fall eines konventionellen Beispiels zeigt;

Fig. 15 ist eine Darstellung für das Erläutern der Impedanzänderung durch die Temperatur;

Fig. 16 ist eine Darstellung, die die Beziehung des Tastverhältnisses zur Spannung zwischen den Motoranschlüssen zeigt, wenn die Motorwinkelgeschwindigkeit als Parameter verwendet wird;

Fig. 17 ist ein Blockdiagramm, das eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung zeigt; und

Fig. 18 ist ein Wellenformdiagramm für das Erläutern des Prinzips der vorliegenden Erfindung.

BESCHREIBUNG DER BEVORZUGTEN AUSFÜHRUNGSFORMEN

Als erstes wird nachfolgend ein erfindungsgemäßes Verfahren zum Schätzen einer Motorwinkelgeschwindigkeit ω , wenn ein Motor eine kleine Winkelgeschwindigkeit hat, beschrieben.

Als Ergebnis des Studiums der Unterschiede zwischen der elektrischen Eigenschaft eines Modellmotors und der eines tatsächlichen Motors durch Beachten des Widerstands R zwischen den Motoranschlüssen, der eine elektrische Eigenschaft eines Motors darstellt, kann der Widerstand R zwischen den Anschlüssen des tatsächlichen Motors durch den folgenden Ausdruck (5) dargestellt werden:

$$R = R_m + \Delta R_t + \Delta R_p \quad (5)$$

wobei

R_m : der Widerstand zwischen den Anschlüssen des Modellmotors ist,

ΔR_t : die Fluktuation des Widerstandes zwischen den Anschlüssen des tatsächlichen Motors durch die Temperatur ist, und

ΔR_p : die Fluktuation des Widerstandes zwischen den Anschlüssen des tatsächlichen Motors durch einen Herstellungsfehler ist.

Somit kann die Spannung V_m zwischen den Anschlüssen des tatsächlichen Motors durch den folgenden Ausdruck (6) dargestellt werden:

$$V_m = K_T \cdot \omega + (R_m + \Delta R_t + \Delta R_p) \times i \quad (6)$$

Darüberhinaus kann die Spannung $(V_m)_M$ zwischen den Anschlüssen des Modellmotors durch den folgenden Ausdruck (7) dargestellt werden:

$$(V_m)_M = (K_T \cdot \omega)_M + R_m \times i \quad (7)$$

wobei $(K_T \cdot \omega)_M$ die elektromotorische Gegenkraft des Modellmotors ist.

Somit kann der Schätzfehler "e" der elektromotorischen Gegenkraft durch den folgenden Ausdruck (8) dargestellt werden:

$$e = (K_T \cdot \omega)_M - K_T \cdot \omega = (\Delta R_t + \Delta R_p) \times i \quad (8)$$

Das heißt, der Schätzfehler "e" der elektromotorischen Gegenkraft ist proportional zum Motorstrom i . Somit nimmt, wenn man die Motorwinkelgeschwindigkeit ω gemäß dem geschätzten Wert der elektromotorischen Gegenkraft annimmt, und die Totzone (die eine Breite "a" in Fig. 6 hat) der Motorwinkelgeschwindigkeit fit einer Breite einstellt, die proportional zum Motorstrom ist, die Breite der Totzone ab, wenn der Motorstrom klein ist. Somit ist es möglich, die Winkelgeschwindigkeit ω sogar in einem Gebiet zu schätzen, in dem die Winkelgeschwindigkeit klein ist.

Somit wird im Falle der vorliegenden Erfindung die Breite "a" einer Totzone zum geschätzten Wert der Motorwinkelgeschwindigkeit auf einen Wert eingestellt, der proportional zum Motorstrom i (oder einem Motorstrombefehlswert; einem detektierten Motorstromwert im Falle dieser Ausführungsform) ist, und der Proportionalitätskoeffizient wird auf einen Wert gesetzt, der größer ist als der Maximalwert $(\Delta R_t + \Delta R_p)$ der Fluktuation der Spannung zwischen den Motoranschlüssen. Das heißt es wird, obwohl die Breite "a" der Totzone durch den Ausdruck $a = b \times i$ dargestellt wird, der Proportionalitätskoeffizient "b" auf einen Wert größer als $(\Delta R_t + \Delta R_p)$ eingestellt.

Somit wird der Fehler eines geschätzten Wertes der Motorwinkelgeschwindigkeit gemäß dem Schätzfehler "e" der elektromotorischen Gegenkraft im Bereich einer Breite "a" der Totzone gehalten, und es ist möglich, einen Offset-Fehler zu eliminieren.

Fig. 10 ist ein Blockdiagramm, das eine Steuereinheit 310 zeigt, indem die Einheit 310 entsprechend der Fig. 2 gemacht wird. Im Falle dieser Ausführungsform umfaßt die Steuereinheit 310 im wesentlichen eine CPU. In Fig. 10 sind Funktionen gezeigt, die durch ein Programm in der CPU ausgeführt werden sollen. Beispielsweise zeigt ein Phasenkompensierer 31 keinen Phasenkompensierer 31, der als unabhängige Hardware dient, sondern er zeigt eine Phasenkompensationsfunktion, die durch die CPU ausgeführt werden soll.

Funktionen und Wirkungen der Steuereinheit 310 werden nachfolgend beschrieben. Eine Lenkdrehkraft T von einem Drehkraftsensor 10 wird durch den Phasenkompensierer 31 phasenkompensiert, um die Stabilität eines Lenksystems zu verbessern, und in eine Lenkunterstützungsbefehlswertberechnungseinheit 32 eingegeben. Darüberhinaus wird eine Fahrzeuggeschwindigkeit V , die durch einen Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 12 detektiert wird, auch in die Lenkunterstützungsbefehlswertberechnungseinheit 32 eingegeben. Die Lenkunterstützungsbefehlswertberechnungseinheit 32 bestimmt einen Motorstrombefehlswert I , der ein Steuerzielwert des Stromes darstellt, der an den Motor 20 geliefert werden soll, gemäß der Lenkdrehkraft T und der Fahrzeuggeschwindigkeit V .

Ein Lenkradrückstellsteuerung 311 detektiert einen Lenkradrückstellzustand in Übereinstimmung mit der Lenkdrehkraft T , der Fahrzeuggeschwindigkeit V und einer Motorwinkelgeschwindigkeit, die durch eine Winkelgeschwindigkeitsschätzereinheit 315, die später beschrieben wird, geschätzt wird, und führt eine Steuerung durch, um eine Totzone festzusetzen, wenn der Lenkradrückstellzustand nicht detektiert wird, wohingegen sie eine Steuerung durchführt, bei der keine Totzone festgesetzt wird, wenn der Lenkradrückstellzustand detektiert wird, weil dann der Offset-Fehler nicht auftritt.

Der Lenkradrückstellzustand ist ein Zustand, in wel-

chen ein Lenkrad automatisch zurückkehrt in die direkt nach vorn gerichtete Position durch die selbstausrichtende Drehkraft, die auf einen Lenkmechanismus ausgeübt wird, nachdem das Lenkrad gedreht wird, oder ein Zustand, in welchem einem Motor Drehkraft gegeben wird, durch die selbstausrichtende Drehkraft, obwohl die Lenkdrehkraft nicht erzeugt wird. Wenn gemäß dem Fahrzeuggeschwindigkeitssignal V erkannt wird, das sich ein Fahrzeug aktuell bewegt, und eine Motorwinkelgeschwindigkeit (ein Motor dreht sich) detektiert wird, obwohl die Lenkdrehkraft T nicht durch den Drehkraftsensor 10 detektiert wird, wird der Lenkradrückstellzustand zuerkannt.

Eine Schaltung, die einen Subtrahierer 30C, eine Proportionalrecheneinheit 35, eine Integralrecheneinheit 36 und einen Addierer 30B umfaßt, ist eine Schaltung zur Durchführung einer Rückkoppelungssteuerung, so daß ein tatsächlicher Motorstromwert i mit einem Strombefehlswert I_{ref} von der Additions/Subtraktionseinheit 30A zusammenfällt.

Die Winkelgeschwindigkeitsschätzeinheit 315 schätzt eine Motorwinkelgeschwindigkeit gemäß dem Stromsteuerwert E, dem Motorstrom i und der Batteriespannung V_b . Das heißt, die Winkelgeschwindigkeitsschätzeinheit 315 berechnet die Spannung V_m ($V_m = V_b = D$) zwischen den Motoranschlüssen gemäß dem Tastverhältnis D, das ein Zeitverhältnis von A_n/A_{us} darstellt, das im Stromsteuerwert E enthalten ist, wenn der Motor 20 angesteuert wird, und der Batteriespannung V_b und schätzt eine Motorwinkelgeschwindigkeit ω gemäß dem obigen Ausdruck (2).

Die berechnete Motorwinkelgeschwindigkeit ω (geschätzter Wert) wird nicht nur in die Lenkradrückstellsteuerung 311 eingegeben, sondern auch in die Astringenzsteuerung 312, einen Drehkraftverlustkompensierer 313 und einen Trägheitskompensierer 314. Die Astringenzsteuerung 312 astringiert die Steuerung eines Steuersystems gemäß der Motorwinkelgeschwindigkeit ω und der Fahrzeuggeschwindigkeit V und gibt ein Signal für das Verbessern der Stabilität an die Additions/Subtraktions-Einheit 30A. Der Drehkraftverlustkompensierer 313 gibt einen Drehkraftverlustkompensationswert für das Kompensieren eines Drehkraftverlustes, der im Motor 20 erzeugt wurde, an die Additions/Subtraktions-Einheit 30A aus.

Der Drehkraftverlust umfaßt einen Reibungsverlust durch eine Motorstruktur und einen Verlust durch einen magnetischen Faktor, der die Lenkungsrichtung beeinträchtigt, da eine unbeabsichtigte Kraft oder eine entgegengesetzt gerichtete Kraft zur Lenkungsrichtung addiert wird, wenn ein leichtes Lenken während einer direkt nach vorne gerichteten Bewegung ausgeführt wird. Um den Drehkraftverlust zu verhindern, wird ein Verfahren vorgeschlagen, in welchem ein Wert, der zum Drehkraftverlust äquivalent ist, zum aktuellen Befehlswert addiert wird. Dieses Verfahren addiert jedoch eine entgegengesetzt gerichtete Lenkungsunterstützungskraft zu einer Lenkungsrichtung, wenn eine leichte Drift in einem detektierten Lenkungs-drehkraftwert vorhanden ist, oder sie funktioniert nicht wirksam, wenn das Lenkrad zurückkehrt. Somit addiert die vorliegende Erfindung einen Drehkraftverlustkompensationswert zu einem Strombefehlswert in Drehungsrichtung des Motors unter Berücksichtigung der Tatsache, daß der Drehkraftverlust eine Funktion (Konstante) der Drehungsrichtung des Motors ist.

Darüberhinaus gibt der Trägheitskompensierer 314 einen Kompensationswert für das Kompensieren des

Einflusses des Trägheitsmomentes eines Lenkmechanismus, der den Motor 20 einschließt, an die Additions/Subtraktions-Einheit 30A aus, um den Kompensationswert zu einem Strombefehlswert zu addieren. Das heißt, wenn eine leichtes Lenken während eines direkt geradeaus nach vorne gerichteten Fahrens durchgeführt wird, wird eine entgegengesetzt gerichtete Kraft zu einer Lenkungsrichtung durch das Trägheitsmoment des Lenkungsmechanismus addiert, und die Lenkungsrichtung wird beeinträchtigt. Da die Größe des Trägheitsmomentes als eine Funktion einer Motorwinkelgeschwindigkeit ω gezeigt ist, wird ein vorbestimmter Stromkompensationswert entsprechend einer detektierten Winkelgeschwindigkeit ω zum Strombefehlswert addiert, um den Einfluß des Trägheitsmomentes zu kompensieren.

Es werden nun die Schätzung einer Motorwinkelgeschwindigkeit ω , die Beurteilung eines Lenkradrückstellzustandes, die Bestimmung einer Motordrehrichtung und die Bestimmung eines Drehkraftverlustwertes, die von der Steuereinheit 310 ausgeführt werden, nachfolgend unter Bezug auf das Flußdiagramm in Fig. 11 beschrieben.

Als erstes wird der Motorstrom "i" durch die Motorstromdetektionsschaltung 38 detektiert (Schritt P1) und darüberhinaus wird eine Spannung V_m zwischen Motoranschlüssen gemäß einer Batteriespannung V_b und eines Tastverhältnisses D (Schritt P2) berechnet. Dann werden die Spannung V_m zwischen den Motoranschlüssen, der Widerstand R zwischen den Motoranschlüssen und der detektierte Motorstrom i für den obigen Ausdruck (2) ersetzt, um eine elektromotorische Gegenkraft $K_T \cdot \omega$ des Motors 20 zu schätzen und diese wird durch die elektromotorische Gegenkraftkonstante K_T geteilt, die den kennzeichnenden Wert des Motors 20 darstellt, um eine Motorwinkelgeschwindigkeit ω zu schätzen (Schritt P3). Diese Verarbeitung entspricht der Verarbeitung durch die Winkelgeschwindigkeitsschätzeinheit 315 in Fig. 10.

Wenn die Motorwinkelgeschwindigkeit ω einen endgültigen Wert zeigt, so wird eine Lenkradrückstellzustand angenommen, gemäß der Fahrzeuggeschwindigkeit V, die durch den Fahrzeuggeschwindigkeitssensor 12 detektiert wird und der Lenkdrehkraft T, die durch den Drehkraftsensor 3 detektiert wird (Schritt P4). Das heißt, wenn die Richtung der Motorwinkelgeschwindigkeit ω nicht mit der Richtung der Lenkdrehkraft T in einem Bewegungszustand übereinstimmt, so wird der Lenkradrückstellzustand angenommen. Wenn der Lenkradrückstellzustand angenommen wird, wird die Steuerung so ausgeführt, daß die Totzonenkorrektur nicht auf den geschätzten Wert der berechneten Motorwinkelgeschwindigkeit ω angewandt wird, das heißt, die Motorwinkelgeschwindigkeit ω (geschätzter Wert) ist proportional der elektromotorischen Gegenkraft $K_T \cdot \omega$ (Schritt P5).

Darüberhinaus wird, wenn als Ergebnis der Beurteilung in Schritt P4 angenommen wird, daß der Zustand kein Lenkradrückstellzustand ist, die Verarbeitung der Totzone mit einer Breite, die proportional dem Stromwert i ist, an dem die Motorwinkelgeschwindigkeit ω null wird, in einem gewissen Bereich der elektromotorischen Gegenkraft $K_T \cdot \omega$ durchgeführt. Diese Verarbeitung entspricht der Verarbeitung durch die Lenkradrückstellsteuerung 311 in Fig. 10. Das heißt, es wird beurteilt, ob die Differenz zwischen dem absoluten Wert der elektromotorischen Gegenkraft $K_T \cdot \omega$ (geschätzter Wert) und dem absoluten Wert der Totzone

(Wert $k \cdot i$, den man durch Multiplizieren des detektierten Stromwertes i mit einer Konstanten " k " erhält) gleich oder größer als "0" ist ($|K_T \cdot \omega| - |K \cdot i| \geq 0$) (Schritt P6). Wenn die Differenz nicht größer als "0" ist, das heißt, wenn die elektromotorische Gegenkraft $K_T \cdot \omega$ (geschätzter Wert) im Bereich der Totzone vorhanden ist, wird die Motorwinkelgeschwindigkeit ω gezwungenermaßen auf Null gesetzt (Schritt P7). Wenn die Differenz größer als Null ist, so wird ein Vorzeichen der elektromotorischen Gegenkraft $K_T \cdot \omega$ und ($|K_T \cdot \omega| - |K \cdot i|$) als Winkelgeschwindigkeit ω (geschätzter Wert) (Schritt P8) festgesetzt.

Es wird beurteilt, ob die Motorwinkelgeschwindigkeit ω (geschätzter Wert) Null ist (Schritt P9). Wenn die Motorwinkelgeschwindigkeit ω gleich Null ist, wird ein Drehkraftverlustkompensationswert I_s auf Null gesetzt, da der Motor 20 gestoppt ist (Schritt P10). Darüberhinaus wird, wenn die Motorwinkelgeschwindigkeit ω (geschätzter Wert) als Ergebnis der Beurteilung in Schritt P9 nicht Null ist, beurteilt, ob das Vorzeichen der Motorwinkelgeschwindigkeit ω (geschätzter Wert) positiv ist oder nicht ($\omega > 0$) (Schritt P11). Wenn das Vorzeichen positiv ist, wird bestimmt, daß sich der Motor dreht, beispielsweise in Richtung des Uhrzeigersinns, und der Drehkraftverlustkompensationswert I_s wird auf einen voreingestellten Wert "a" gesetzt (Schritt P12). Wenn das Vorzeichen nicht positiv ist, das heißt negativ, wird bestimmt, daß sich der Motor dreht, beispielsweise im Gegenuhrzeigersinn und der Drehkraftverlustkompensationswert I_s wird auf einen vorbestimmten Wert "-a" gesetzt (Schritt P13).

Darüberhinaus macht es die vorliegende Erfindung möglich, sehr genau eine Motorwinkelgeschwindigkeit durch das Definieren von Impedanzmodellen von Motoransteuersystemen zu schätzen, die sich voneinander durch die intermittierende Betriebsart und die kontinuierliche Betriebsart unterscheiden, und darüberhinaus den Einfluß des Ansteuerungsverfahrens auf die Impedanz des Ansteuersystems zu berücksichtigen. Darüberhinaus wird im Fall der vorliegenden Erfindung eine Totzone proportional zu einem Stromwert gesetzt, um einen Schätzfehler zu kompensieren, der erzeugt wird durch die Änderung der Impedanzkennzeichen eines Motoransteuersystems durch Temperaturschwankungen, so daß die Größe der Totzone in der intermittierenden Betriebsart und der kontinuierlichen Betriebsart geändert wird. Darüberhinaus ist es möglich, den Schätzfehler durch Temperaturfluktuationen durch Messen oder Schätzen einer Motortemperatur zu kompensieren.

Eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nachfolgend unter Bezug auf die begleitenden Zeichnungen beschrieben.

Als erstes sind eine Schätzung der Motorwinkelgeschwindigkeit ω und ihre Kompensationsform der vorliegenden Erfindung in Fig. 12 gezeigt, indem sie entsprechend der Fig. 2 und 10 vorgenommen werden. Eine Motorwinkelgeschwindigkeitsschätzereinheit 321 in einer Steuereinheit 320 schätzt eine Motorwinkelgeschwindigkeit ω in Übereinstimmung mit einem Stromsteuerwert E (der einer Spannung zwischen den Motoranschlüssen entspricht) und einem Motorstromwert " i ", und gibt die geschätzte Motorwinkelgeschwindigkeit ω in den Drehkraftverlustkompensierer 313 und in die Astringenzsteuerung 312. Das Ausgangssignal des Drehkraftverlustkompensierers 313 und der Astringenzsteuerung 312 werden in die Additions/Subtraktions-Einheit 30A gegeben, wobei der Drehkraftverlust-

einem Drehkraftverlust in der Richtung entspricht, in welcher der Drehkraftverlust des Motors 20 erzeugt wird, das heißt in Drehrichtung des Motors 20, und die Astringenzsteuerung 312 wendet eine Bremse auf das Drehen eines Lenkrades an, um die Astringenz des Gierens eines Fahrzeuges zu verbessern. Darüberhinaus wird die Motorwinkelgeschwindigkeit ω in eine Motorbeschleunigungsschätzereinheit (Differenzierer) 322 eingegeben, in welchem eine Motorbeschleunigung geschätzt und die Motorbeschleunigung in den Trägheitskompensierer 314 gegeben wird, und das Kompensationssignal des Trägheitskompensierers 314 wird in die Additions/Subtraktions-Einheit 30A eingegeben. Der Trägheitskompensierer 314 unterstützt einen Wert, der einer Kraft entspricht, die durch die Trägheit des Motors 20 erzeugt wird, um zu verhindern, daß eine innere Richtung oder Steuerantwort gestört wird.

Im Falle der vorliegenden Erfindung wird die Impedanz in der intermittierenden Betriebsart erzeugt, da die Zeitkonstante in der regenerativen Betriebsart (Betriebsart B) durch die Durchlaßspannung einer Diode oder den Durchlaßwiderstand eines FET erhöht wird, verglichen mit der Zeitkonstante zur Zeit des Anstieges oder Abfalls, wie das in den Fig. 13A bis 13E entsprechend der Fig. 5A und 5B gezeigt ist, wobei als Ergebnis eine Effektivspannung V_e erzeugt wird.

Fig. 13C zeigt die Spannung V_m zwischen den Motoranschlüssen, Fig. 13D zeigt den Motorstromwert (Effektivwert) I_e , und Fig. 13E zeigt einen detektierten Stromwert I_d . Da der intermittierend fließende Effektivstromwert I_e und der detektierte Stromwert I_d in einer Steuereinheit 320 überwacht werden, wie das in den Fig. 13D und 13E gezeigt ist, erkennt die Steuereinheit 320, daß ein Motoransteuersystem eine Impedanz hat, die man vom Effektivstromwert I_e erhält. Als Ergebnis wird die Impedanz als die Impedanz erkannt, die durch die Stromzu-Spannungscharakteristik, die in Fig. 14 dargestellt ist, gezeigt ist. In Fig. 14 zeigt V_1 eine tatsächliche Kurve, V_2 zeigt ein konventionelles Modell, und es wird ein Schätzfehler " e " zwischen V_1 und V_2 erzeugt.

In diesem Fall wird, wenn eine Impedanz R_d in der intermittierenden Betriebsart durch die Fig. 13A bis 13E berechnet wird, diese durch die Funktion des Tastverhältnisses D_1 gezeigt, wie dies durch den folgenden Ausdruck (9) gezeigt ist. In Fig. 14 zeigt das Gebiet, das kleiner als ein Strom I_0 ist, die Impedanz in der intermittierenden Betriebsart, und das Gebiet größer als der Strom I_0 zeigt die Impedanz in der kontinuierlichen Betriebsart.

$$R_d = \frac{(m_1 \cdot D_1^2 + m_2 \cdot D_1)}{(m_3 \cdot D_1^2 + m_4 \cdot D_1 + m_5)} \quad (9),$$

wobei

m_1, m_2, m_3, m_4 und m_5 Konstanten sind, die durch den PWM-Zyklus einer Batteriespannung V_b und der Zeitkonstante des Motors 20 bestimmt werden.

Für die praktische Anwendung ist es jedoch möglich, R_d durch eine Impedanz R_1 mit einem konstanten Wert anzunähern. Der Wendepunkt von der intermittierenden Betriebsart zur kontinuierlichen Betriebsart ändert sich tatsächlich mit der Motorwinkelgeschwindigkeit. Es ist jedoch möglich, da die Impedanz in der intermittierenden Betriebsart groß genug ist, anzunehmen, daß der Wendepunkt auftritt, wenn ein gewisser Stromwert erzeugt wird. Somit ist es, da die Impedanzmodelle für die Schätzung durch Detektion eines Stromes I_0 geändert

werden, möglich, das Impedanzmodell zu definieren, wie das durch den folgenden Ausdruck (10) gezeigt ist.

Im Falle von $I < I_0$,

$$K_T^* \omega = V_m - R_1^* i \quad (10)$$

Im Falle von $I \geq I_0$,

$$K_T^* \omega = V_m - (R_2^* i + b),$$

wobei $K_T^* \omega$: ein geschätzter Wert einer elektromotorischen Gegenkraft ist,

I_0 : ein Stromwert ist, wenn von der intermittierenden Betriebsart zur kontinuierlichen Betriebsart gewechselt wird,

R_1 : eine Impedanz in der intermittierenden Betriebsart bei einer Referenztemperatur ist, und

R_2 : eine Impedanz in der kontinuierlichen Betriebsart bei einer Referenztemperatur ist.

Darüberhinaus werden die Eigenschaften eines tatsächlichen Motoransteuersystems durch Temperaturfluktuation beeinflusst. Eine Totzone, die proportional einem Stromwert ist, wurde so groß festgesetzt, um den Einfluß der Temperaturfluktuation zu eliminieren. Auch im Falle der vorliegenden Erfindung ist es möglich, den Modellfehler eines inneren Widerstands eines Motors und den Einfluß der Temperaturfluktuation durch das Festsetzen einer Totzone proportional zu einem Stromwert zu eliminieren. In diesem Fall ist es qualitativ bekannt, daß eine Impedanzlinie in der intermittierenden Betriebsart immer durch den Ursprung und in der kontinuierlichen Betriebsart durch eine Unterbrechung (intercept) in den kontinuierlichen Betriebsart geht, unabhängig von den Temperaturfluktuationen, wie das in Fig. 15 gezeigt ist.

Somit wird es verständlich, daß die Totzone unter den folgenden Bedingungen festgesetzt werden kann. In Fig. 15 bezeichnet das Symbol W eine Breite, in welcher die Impedanzeigenschaft durch die Temperaturfluktuation vorhanden ist; V_0 bezeichnet einen Spannungswert zwischen den Motoranschlüssen, an welchem sich die Impedanzeigenschaft wendet.

Im Falle von $I < I_0/K$,

$$*K_T^* \omega = K_T^* \omega - K_1^* i \quad (11)$$

Im Falle von $I \geq I_0/K$,

$$*K_T^* \omega = K_T^* \omega - K_2^* i$$

wobei

K_1 : eine Totzonenproportionalkonstante in der intermittierenden Betriebsart ist,

K_2 : eine Totzonenproportionalkonstante in der kontinuierlichen Betriebsart ist; und

K : ein Verhältnis zwischen der Impedanz in der intermittierenden Betriebsart bei Referenztemperatur und der Impedanz nach Beeinflussung durch Temperaturfluktuation ist.

Die obige Ausführungsform kompensiert den Einfluß der Temperaturfluktuation durch Festsetzen der Totzone. Wenn die Temperaturfluktuation jedoch groß ist, wird vorzugsweise der Einfluß der Temperaturfluktuation durch Schätzen oder Messen einer Motortemperatur kompensiert. Die Wendeposition (V_0) ist im Hinblick auf eine an den Motor angelegte Spannung unabhängig von der Temperatur nahezu konstant, wie das in Fig. 15 gezeigt ist. Daher kann eine Temperaturkom-

pensation unter den im folgenden Ausdruck (12) gezeigten Bedingungen durchgeführt werden.

Im Falle von $I < I_0/K_y$,

$$K_T^* \omega = V_m - R_{1T}^* i \quad (12)$$

Im Falle von $I = I_0/K_y$,

$$K_T^* \omega = V_m - (R_{2T}^* i + b)$$

10

wobei

R_{1T} eine Impedanz in der intermittierenden Betriebsart bei einer Temperatur T ist;

R_{2T} eine Impedanz in der kontinuierlichen Betriebsart

15 bei einer Temperatur T ist,

und $K_y R_{1T}/R_{2T}$ entspricht.

Eine Änderung der Impedanzmodelle des Motors kann nicht nur von der Temperaturfluktuation abhängen, sondern auch vom Herstellungsfehler. Es ist daher möglich, eine genauere Schätzung durch das Durchführen einer Korrektur zusammen mit einem Korrekturverfahren, das die Totzone verwendet, durchzuführen. Obwohl die an den Motor angelegte Spannung bisher durch ein Tastverhältnis geschätzt wurde, wird es bevorzugt, die an den Motor angelegte Spannung direkt zu überwachen, da die Beziehung zwischen der an den Motor angelegten Spannung, die die Motorwinkelgeschwindigkeit als ein Parameter verwendet, und eines Tastverhältnisses eine nichtlineare Kennlinie hat, wie das in Fig. 16 gezeigt ist. In Fig. 16 zeigt die kontinuierliche Linie den Fall des normalen Lenkens und die gestrichelte Linie zeigt den Fall, wenn das Lenkrad rückgestellt wird.

Darüberhinaus detektiert, wie das in Fig. 17 gezeigt ist, die der Fig. 3 entspricht, die vorliegende Erfindung einen Stromwert i' durch eine Motorstromdetektionsschaltung 40 des unidirektionalen Typs gemäß den Spannungsabfällen in den Widerständen R_1 und R_2 , korrigiert den Stromwert i' , der beim zweiten Tastverhältnis D_2 detektiert wurde, und verwendet den korrigierten Stromwert i als Rückkoppelstrom. Das heißt, die vorliegende Erfindung detektiert den Strom i' entsprechend Fig. 9D durch die Stromdetektionsschaltung 40 des unidirektionalen Detektionstyps, die mit den Widerständen R_1 und R_2 der H-Brückenschaltung verbunden ist, und gibt den Strom i' in eine Korrekturschaltung 41. Die Korrekturschaltung 41 korrigiert den eingegebenen Strom i' gemäß dem Tastverhältnis D_2 , das von der FET-Gatteransteuerschaltung 371 geliefert wird, und gibt den korrigierten Stromwert i an den Subtrahierer 30A aus. Die Korrekturschaltung 41 kann der Software einer CPU entsprechen.

Im Falle einer Zeit T_{PWM} eines Zyklusses der PWM kann der Strom betrachtet werden, als befände er sich in einem Gleichgewichtszustand, und es kann angenommen werden, daß die Stromwelligkeit klein genug für den Effektivwert I_r des Stroms ist. Somit kann die Fig. 9D, die eine detektierte Stromwellenform darstellt, durch die kontinuierliche Wellenform in Fig. 18 angenähert werden. Die Wellenform in Fig. 18 kann man als detektierten Stromwert, der durch ein Tiefpaßfilter für ein Entfälschen für eine Rauschreduktion oder Digitalisierung hindurchgeht, erhalten. Da die Abschneidefrequenz des Tiefpaßfilters im Vergleich zur Frequenz der PWM niedrig genug ist, hat der Stromwert i' , der durch die Motorstromdetektionsschaltung 40 detektiert wird, eine Höhe eines Gebietes B, das durch rechts nach unten laufende Linien bezeichnet ist, das man durch Mitte-

lung des Gebietes einer Gebietes A, das in Fig. 18 durch rechts nach oben laufenden Linien gezeigt ist, mit einer Einzykluszeit T_{PWM} erhält. In diesem Fall wird der folgende Ausdruck (14) bewirkt, da die Fläche des Gebietes A der des Gebietes B entspricht.

$$i \cdot T_{PWM} \cdot D2 \quad (14)$$

Das führt zu folgendem Ausdruck (15):

$$i' = T_{PWM} \cdot D2 / T_{PWM} \cdot i = D2 \cdot i \quad (15)$$

Im Ausdruck (15) hat der detektierte Stromwert i' einen Fehler, der äquivalent dem Tastverhältnis $D2$ des zu erhaltenden Stromwertes i ist. Somit wird der detektierte Stromwert i' durch die Korrekturschaltung 41 gemäß dem folgenden Ausdruck (16) korrigiert, um den Effektivwert i des Stromes zu erhalten.

$$i = i' / D2 \quad (16)$$

Somit ist es möglich, den Fehler des detektierten Stromwertes i' durch die Motorstromdetektionsschaltung 40 zu korrigieren, ohne eine Abtast-Halte-Schaltung zu verwenden.

Im Falle der obigen Ausführungsform wird ein System für die Ansteuerung der Tastverhältnisse, die sich bei den oberen und unteren Stufen unterscheiden, als eine H-Brückenschaltung beschrieben. Die Ausführungsform kann jedoch auch auf das Vorzeichen-Größen-System (japanische Patentveröffentlichung Nr. 182874/1991) und das gleichzeitige PWM-Ansteuersystem für die obere und untere Stufe (japanische Patentveröffentlichung Nr. 299476/1987) angewandt werden.

Wie oben beschrieben wurde, setzt eine Steuerung eines elektrischen Leistungslenkensystems gemäß der vorliegenden Erfindung eine Totzone fest, die eine vorbestimmte Breite hat, die in Übereinstimmung mit einem detektierten Motorstromwert oder Motorstrombefehlswert zum geschätzten Wert einer Motorwinkelgeschwindigkeit bestimmt werden soll, um einen Fehler (Offset-Fehler) des geschätzten Wertes der Motorwinkelgeschwindigkeit ω gemäß der Differenz zwischen der elektrischen Eigenschaft des Motors, der durch die Gestaltungsspezifikation bestimmt ist, und der elektrischen Eigenschaft eines Motors, der tatsächlich in einem Fahrzeug montiert werden soll, bei der Berechnung des geschätzten Wertes der Motorwinkelgeschwindigkeit ω zu kompensieren, wobei die geschätzte Motorwinkelgeschwindigkeit unabhängig vom berechneten Motorwinkelgeschwindigkeitsschätzwert auf null vermindert wird, wenn der Motorwinkelgeschwindigkeitsschätzwert im Bereich der Totzone gehalten wird. Somit ist es möglich, eine Motorwinkelgeschwindigkeit sogar in einem Gebiet zu schätzen, in dem die Motorwinkelgeschwindigkeit klein ist.

Somit ist es möglich, eine Motorwinkelgeschwindigkeit zu schätzen, sogar wenn ein leichtes Lenken während eines direkt nach vorne gerichteten Fahrens durchgeführt wird, und genau den gestoppten Zustand oder die Drehrichtung des Motors zu detektieren. Somit ist es möglich, die Lenkrichtung zu verbessern, wenn ein leichtes Lenken während des direkt nach vorne gerichteten Fahrens durchgeführt wird, durch Addieren (oder Subtrahieren) eines Drehkraftverlustkompensationswertes zu (oder von) einem Strombefehlswert gemäß der Drehrichtung des Motors, die gemäß dem Vorzeichen einer Motorwinkelgeschwindigkeit beurteilt wird.

Im Falle der vorliegenden Erfindung wird der Einfluß eines Ansteuerverfahrens auf eine Ansteuersystemimpedanz berücksichtigt durch Definieren der Impedanzmodelle des Motoransteuersystems, die sich in der intermittierenden Betriebsart und der kontinuierlichen Betriebsart voneinander unterscheiden, wobei eine Motorwinkelgeschwindigkeit durch Eliminierung des Einflusses geschätzt wird. Somit ist es möglich, die Motorwinkelgeschwindigkeit mit großer Genauigkeit vorherzusagen. Somit ist es möglich, den Einfluß der Trägheit und der Reibung des Motors mit großer Genauigkeit zu kompensieren. Darüberhinaus wird im Falle der vorliegenden Erfindung eine Totzone proportional zu einem Stromwert festgesetzt, um einen Schutzfehler zu kompensieren, der durch eine Impedanzcharakteristikänderung eines Motoransteuersystems verursacht wird, die durch eine Temperaturänderung verursacht wird, um die Breite der Totzonen in der intermittierenden Betriebsart und der kontinuierlichen Betriebsart zu ändern.

Wie oben beschrieben wurde, wird eine Steuerung eines elektrischen Leistungslenkensystems gemäß der vorliegenden Erfindung mit einer Motorstromdetektionsvorrichtung und der Korrekturvorrichtung für das Korrigieren eines Motorstromwertes, der durch eine unidirektionale Stromdetektionsschaltung durch ein zweites Tastverhältnis detektiert wurde, bereitgestellt. Somit ist es möglich, den Fehler eines detektierten Motorstromwertes zu korrigieren, ohne eine Abtast-und-Halte-Schaltung zu verwenden, wodurch die Kosten gesenkt werden, ohne die Funktionen zu ändern.

Patentansprüche

1. Steuerung eines elektrischen Leistungslenkensystems für das Berechnen eines Motorstrombefehlswertes in Übereinstimmung mit einer Lenkdrehkraft, die in einer Lenkwelle erzeugt wird, das Steuern eines Motorstroms in Übereinstimmung mit dem berechneten Motorstrombefehlswert, und das Liefern einer Lenkunterstützungskraft, die der Lenkdrehkraft entspricht, an einen Lenkmechanismus, wobei die Steuerung folgendes umfaßt:
eine Motorwinkelgeschwindigkeitsberechnungsvorrichtung für das Schätzen einer Motorwinkelgeschwindigkeit gemäß einem geschätzten Wert einer elektromotorischen Gegenkraft, die in einem Motor erzeugt wird;
eine Motorstromdetektionsvorrichtung für das Detektieren eines Stromes, der durch den Motor fließt; und
eine Steuervorrichtung für das Steuern eines Motorstroms in Übereinstimmung mit dem berechneten Motorstrombefehlswert und dem geschätzten Motorwinkelgeschwindigkeitswert;
wobei eine Totzone, die eine vorbestimmte Breite hat, die für den geschätzten Wert der Motorwinkelgeschwindigkeit in Übereinstimmung mit einem detektierten Motorstromwert oder Motorstrombefehlswert bestimmt wird, an die Motorwinkelgeschwindigkeitsberechnungsvorrichtung gegeben wird, um Null als geschätzten Motorwinkelgeschwindigkeitswert auszugeben, wenn der geschätzte Motorwinkelgeschwindigkeitswert im Bereich der Totzone gehalten wird.
2. Steuerung eines elektrischen Leistungslenkensystems nach Anspruch 1, wobei die Totzone, die an die Motorwinkelgeschwindigkeitsberechnungsvor-

richtung gegeben wird, auf einen Wert gesetzt wird, der größer ist als die Fluktuationsbreite eines geschätzten Motorwinkelgeschwindigkeitswertes, der durch die Fluktuation in der Spannung zwischen Motoranschlüssen erzeugt wird, verursacht durch die Fluktuation im Widerstand zwischen dem Motoranschlüssen, durch eine Temperaturänderung des Motors und der Fluktuation der Spannung zwischen den Motoranschlüssen, verursacht durch die Fluktuation des Widerstandes zwischen den Motoranschlüssen, die erzeugt wird, wenn der Motor hergestellt wird.

3. Steuerung eines elektrischen Leistungslenkensystems gemäß Anspruch 1, wobei die Steuervorrichtung ein Drehrichtungsidentifikationssignal für das Identifizieren der Drehrichtung des Motors in Übereinstimmung mit dem geschätzten Motorwinkelgeschwindigkeitswert, der von der Motorwinkelgeschwindigkeitsberechnungsvorrichtung ausgegeben wird, ausgibt.

4. Steuerung eines elektrischen Leistungslenkensystems gemäß Anspruch 3, wobei die Steuervorrichtung ein Motordrehkraftverlustkorrektursignal in Übereinstimmung mit dem Motordrehrichtungsidentifikationssignal ausgibt.

5. Steuerung eines elektrischen Leistungslenkensystems gemäß Anspruch 1, wobei die Steuervorrichtung ein Viskositätskorrektursignal für das Korrigieren der Viskosität eines Lenkmechanismus in Übereinstimmung mit dem geschätzten Motorwinkelgeschwindigkeitswert, der von der Motorwinkelgeschwindigkeitsberechnungsvorrichtung ausgegeben wird, ausgibt.

6. Steuerung eines elektrischen Leistungslenkensystems gemäß Anspruch 1, wobei die Steuervorrichtung eine Verarbeitung für das Abschalten der Totzone durchführt, die an die Motorwinkelgeschwindigkeitsberechnungsvorrichtung gegeben wird, wenn ein Lenkradrückstellzustand detektiert wird.

7. Verfahren zur Steuerung eines elektrischen Leistungslenkensystems für das Steuern des Motors für das Liefern einer Lenkunterstützungskraft an einen Lenkmechanismus in Übereinstimmung mit einem Stromsteuerwert, der von einem Lenkunterstützungsbefehlswert berechnet wird, und einem Motorstromwert, der in Übereinstimmung mit einer Lenkdrehkraft berechnet wird, die in einer Lenkwelle erzeugt wird, wobei das Verfahren folgende Schritte aufweist:

Berechnen einer elektromotorischen Gegenkraft eines Motors aus dem Stromwert, der Spannung zwischen den Motoranschlüssen und dem Widerstand zwischen den Motoranschlüssen;

Schätzen einer Motorwinkelgeschwindigkeit aus der elektromotorischen Gegenkraftkonstanten; Beurteilen, ob ein Lenkradrückstellzustand vorliegt oder nicht, wenn die Motorwinkelgeschwindigkeit sich an einem Endwert befindet; und

Verarbeiten einer Totzone, die eine Breite hat, die proportional ist zum Stromwert, in welcher die Motorwinkelgeschwindigkeit zu null wird, in einem vorbestimmten Bereich der elektromotorischen Gegenkraft in einem Zustand, der nicht dem Lenkradrückstellzustand entspricht, so daß die Totzonenkorrektur nicht auf die Motorwinkelgeschwindigkeit während des Lenkradrückstellzustandes angewandt wird.

8. Steuerverfahren nach Anspruch 7, wobei der

Lenkradrückstellzustand in einem Fall festgesetzt wird, in welchem die Richtung der Motorwinkelgeschwindigkeit nicht mit der Richtung einer Lenkdrehkraft zusammenfällt.

9. Steuerverfahren nach Anspruch 7, wobei beurteilt wird, ob die Differenz zwischen einem absoluten Wert der elektromotorischen Gegenkraft und dem der Totzone größer als null ist, um die Motorwinkelgeschwindigkeit auf null zu setzen, wenn die Differenz nicht größer als null ist, und ein Vorzeichen der elektromotorischen Gegenkraft zu setzen und die Differenz als Motorwinkelgeschwindigkeit, wenn die Differenz größer als null ist.

10. Steuerung eines elektrischen Leistungslenkensystems für das Steuern eines Motors durch Liefern einer Lenkunterstützungskraft an einen Lenkmechanismus in Übereinstimmung mit einem Stromsteuerwert, den man von einem Lenkunterstützungsbefehlswert erhält, der in Übereinstimmung mit einer Lenkdrehkraft, die in einer Lenkwelle erzeugt wurde, und dem Stromwert des Motors berechnet wurde, wobei eine Motorwinkelgeschwindigkeit geschätzt wird durch Definieren von Impedanzmodellen von Motoransteuersystemen, die sich voneinander in einer intermittierenden Betriebsart und einer kontinuierlichen Betriebsart unterscheiden.

11. Steuerung eines elektrischen Leistungslenkensystems gemäß Anspruch 10, wobei eine Totzone proportional zum Motorstromwert so festgesetzt wird, daß die Breite der Totzone in der intermittierenden Betriebsart und der kontinuierlichen Betriebsart geändert werden.

12. Steuerung eines elektrischen Leistungslenkensystems gemäß Anspruch 11, wobei ein Schätzfehler durch eine Temperaturfluktuation durch Messung einer Motortemperatur kompensiert wird.

13. Steuerung eines elektrischen Leistungslenkensystems für eine lastunterstützende Energieversorgung einer Lenkwelle in Übereinstimmung mit der Steuerung durch einen Motor, in welcher Halbleiterelemente zu einer H-Brückenschaltung verbunden sind, umfassend eine Ansteuervorrichtung für das Ansteuern der Halbleiterelemente eines ersten Armes aus einem Satz von zwei Halbleitern, die zwei Arme bilden, die in der H-Brückenschaltung einander gegenüberstehen, durch eine PWM-Signal, das ein erstes Tastverhältnis hat, das in Übereinstimmung mit einem Stromsteuerwert bestimmt wird, und den Halbleiterelementen eines zweiten Armes durch ein PWM-Signal, das ein zweites Tastverhältnis hat, das durch die Funktion des ersten Tastverhältnisses definiert ist, eine Motorstromdetektionsvorrichtung für das Detektieren eines Motorstromwertes an einer Spannung zwischen Anschlüssen eines Widerstandes, der mit den ersten und zweiten Armen in Serie verbunden ist, und eine Motorstromkorrekturvorrichtung für das Korrigieren des Motorstromwertes mit dem zweiten Tastverhältnis.

14. Steuerung eines elektrischen Leistungslenkensystems gemäß Anspruch 13, wobei die Motorstromdetektionsvorrichtung eine unidirektionale Stromdetektionsvorrichtung ist.

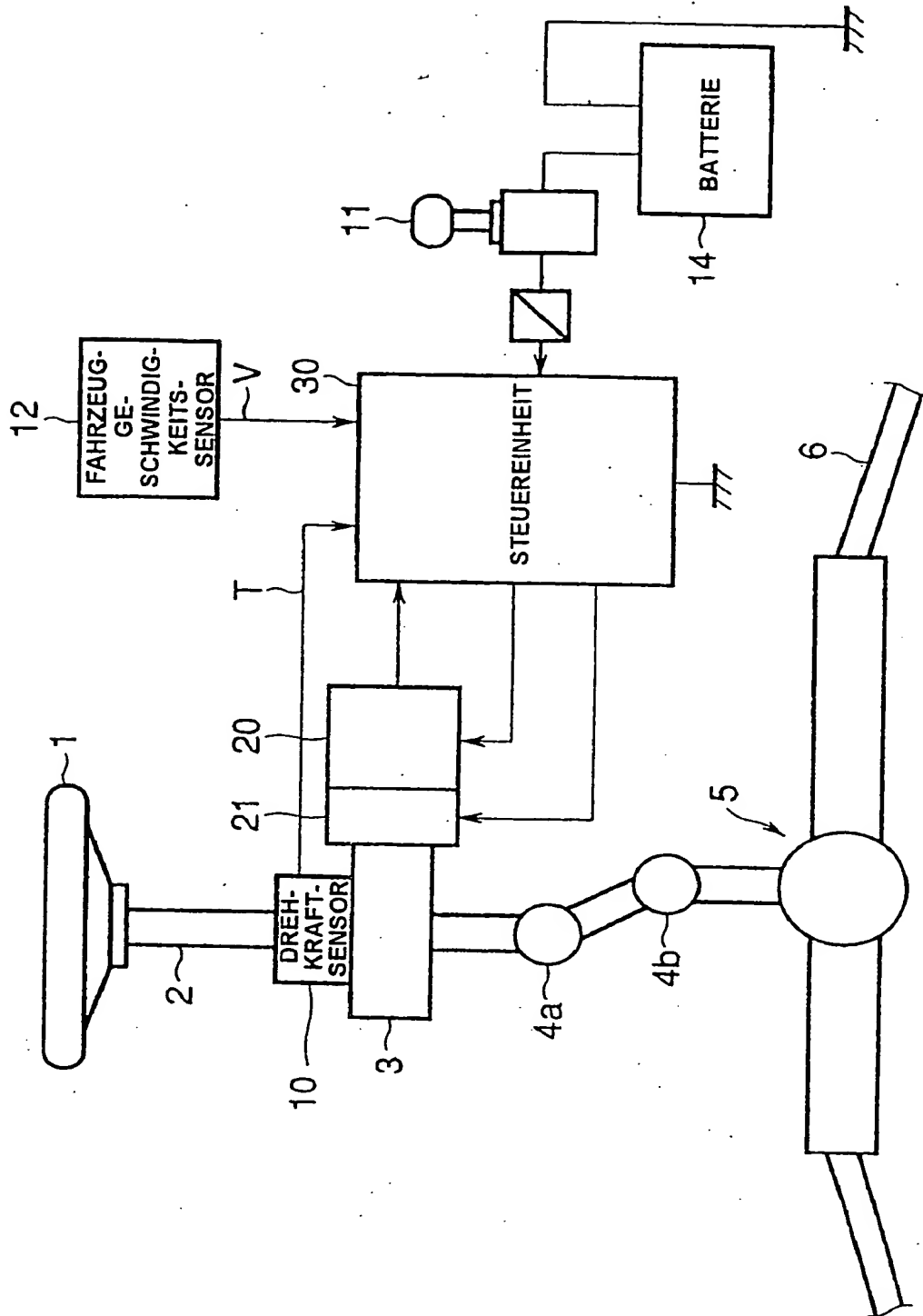
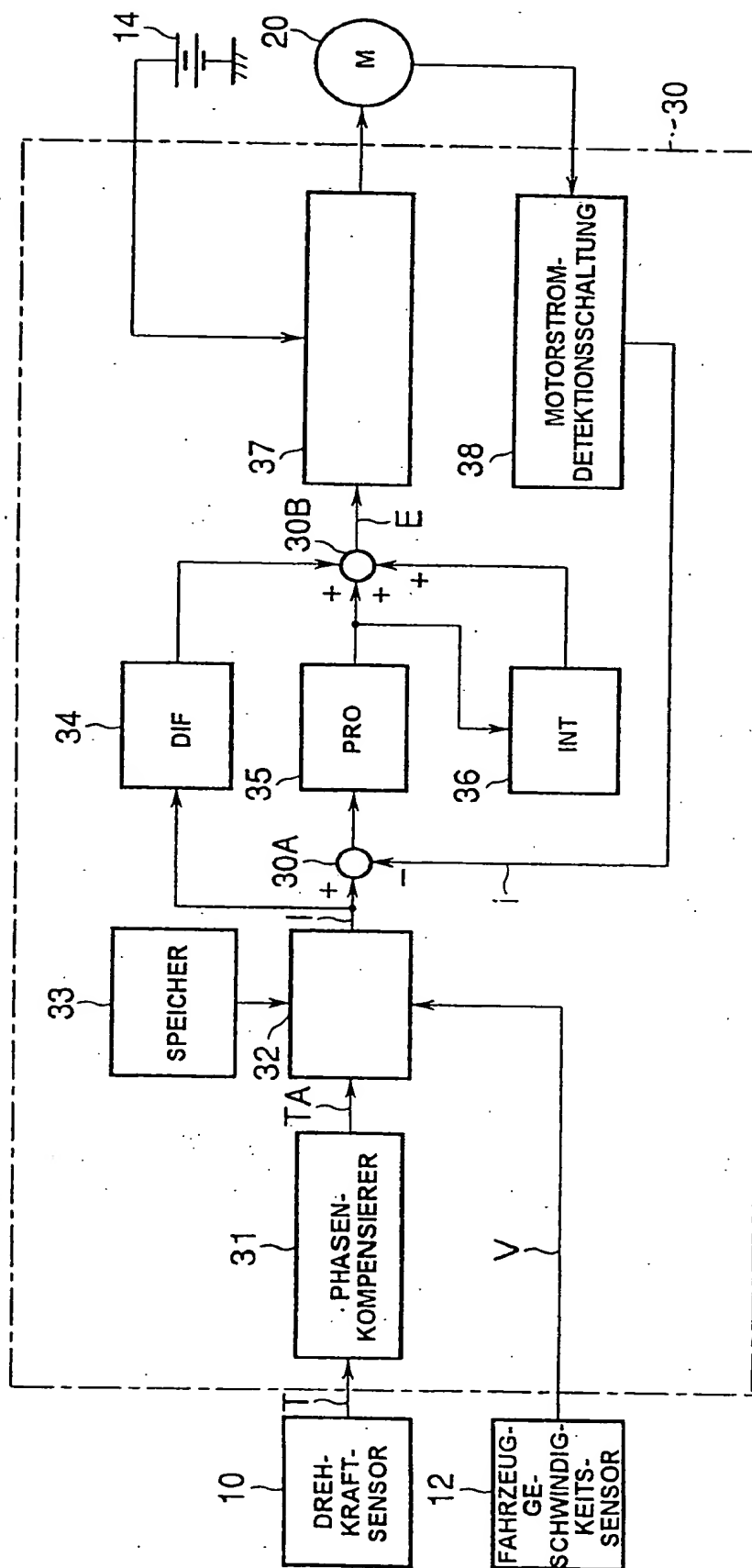


FIG.1



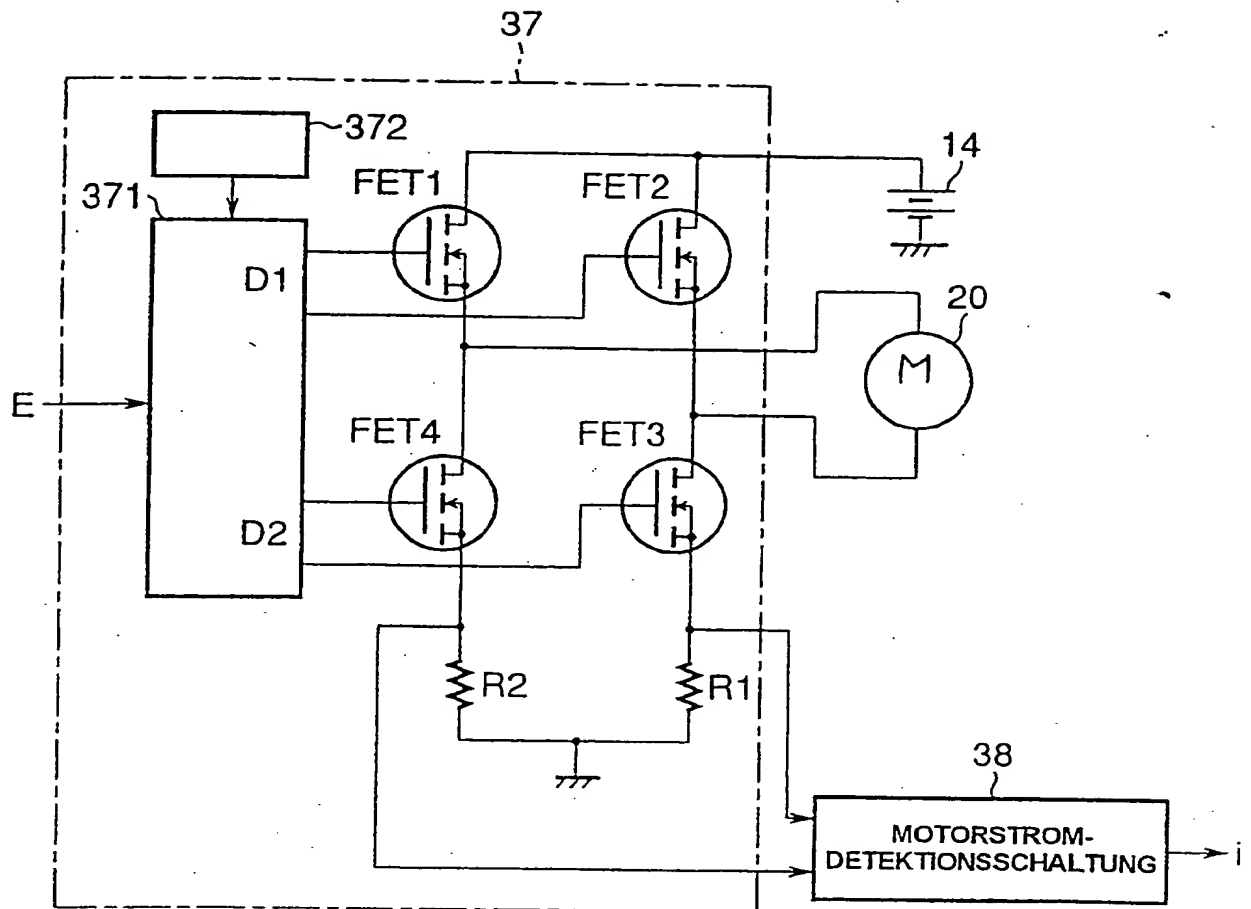


FIG.3

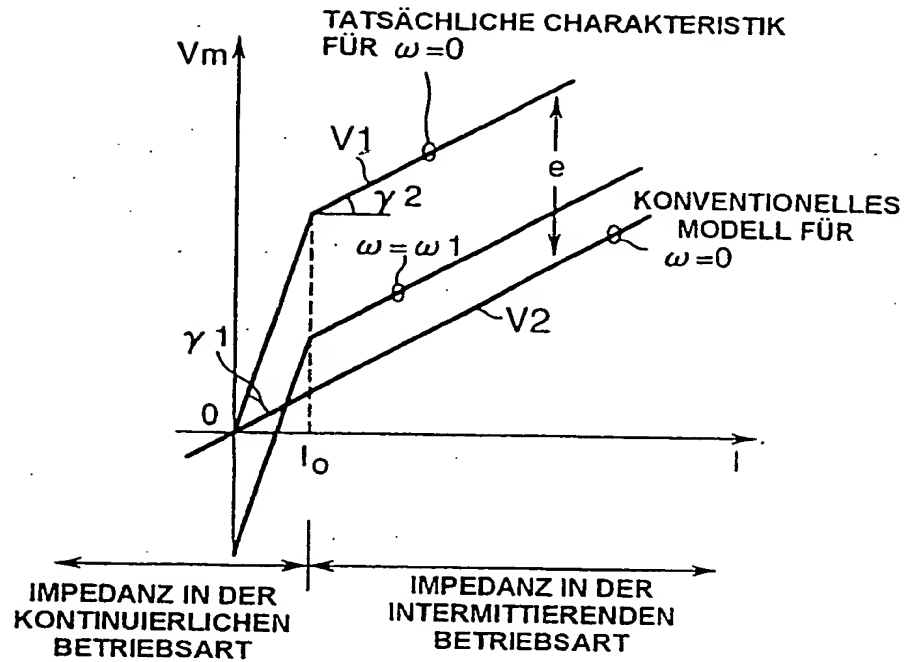


FIG.14

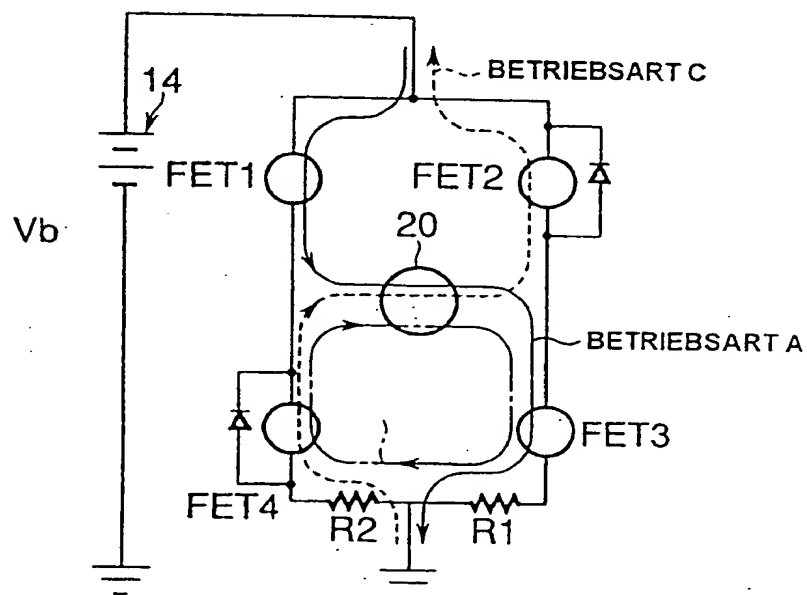


FIG.4

FIG.5A

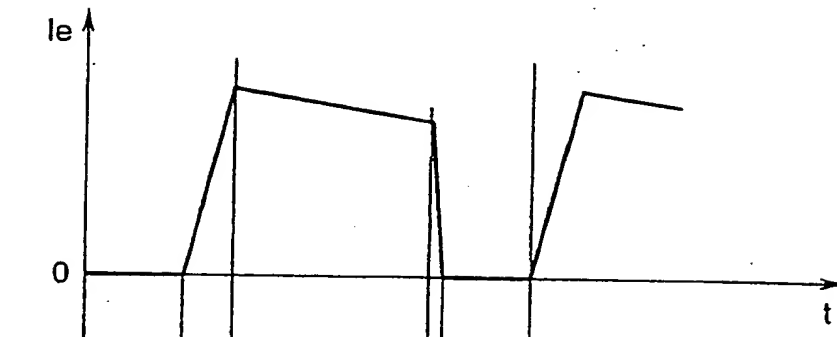
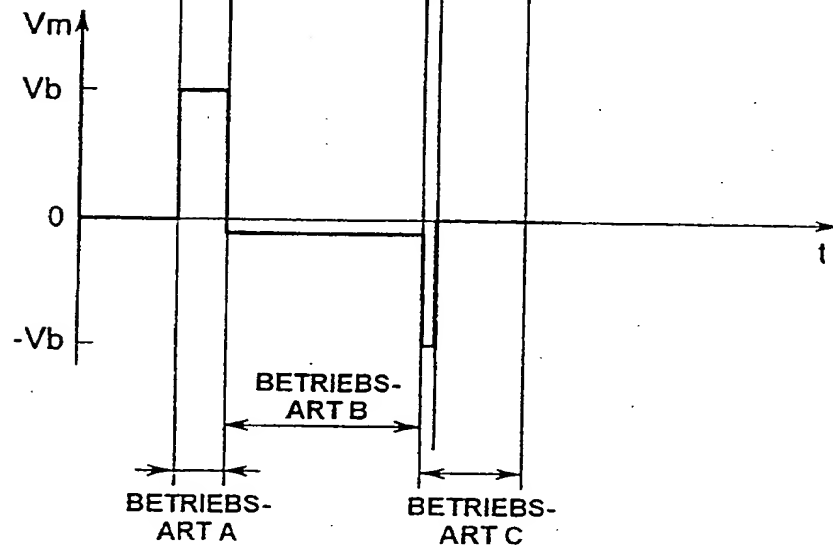


FIG.5B



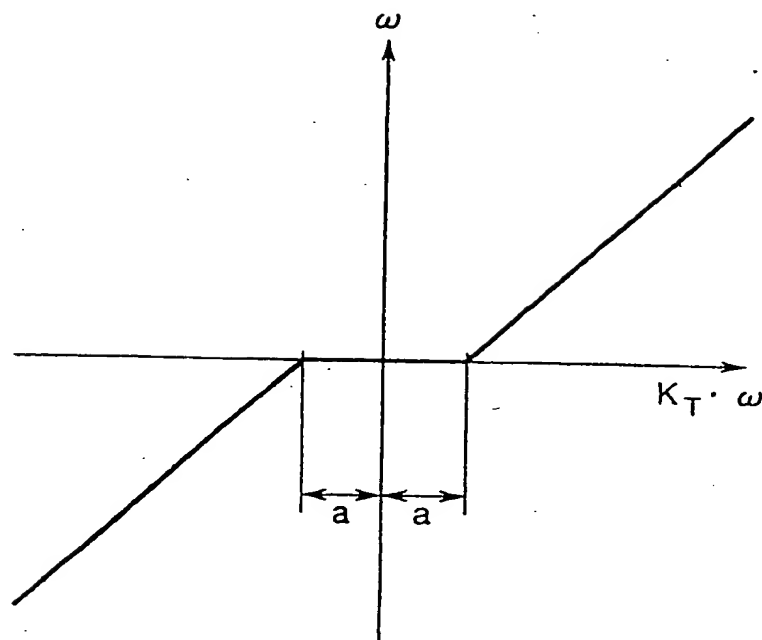


FIG.6

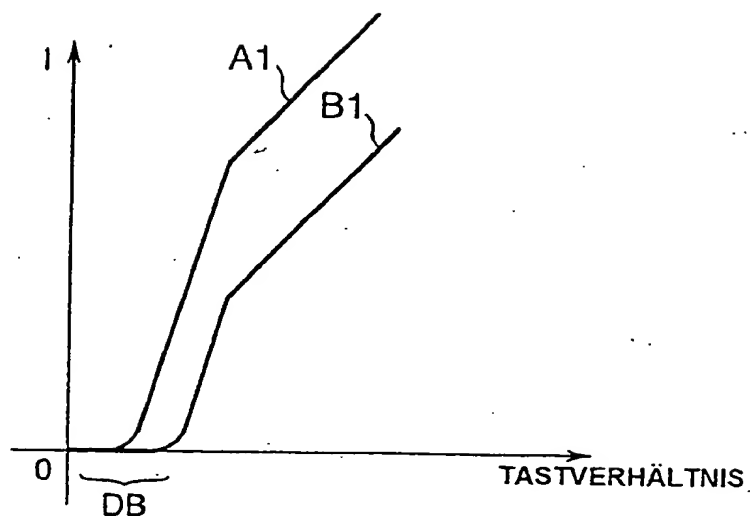


FIG. 7

INTERMITTIERENDE
BETRIEBSART

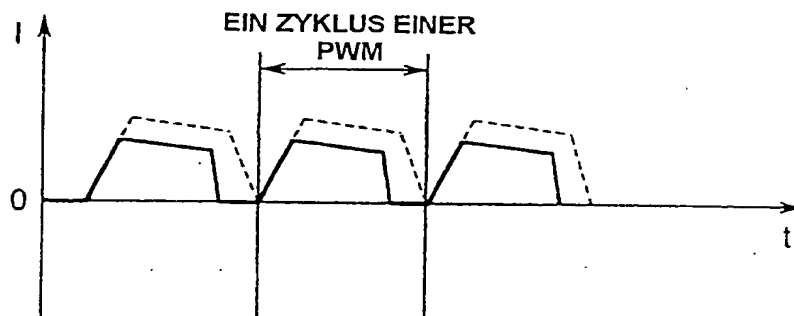


FIG. 8A

KONTINUIERLICHE
BETRIEBSART

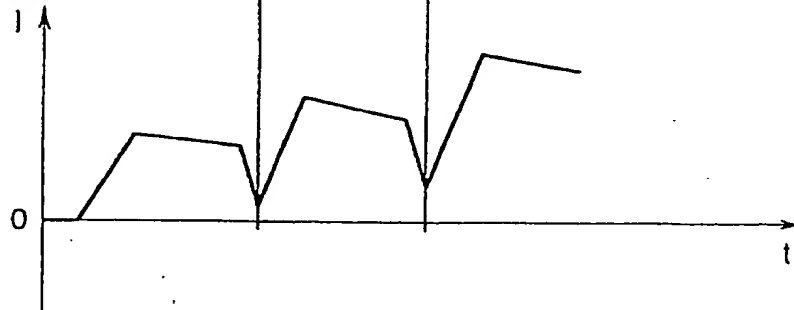
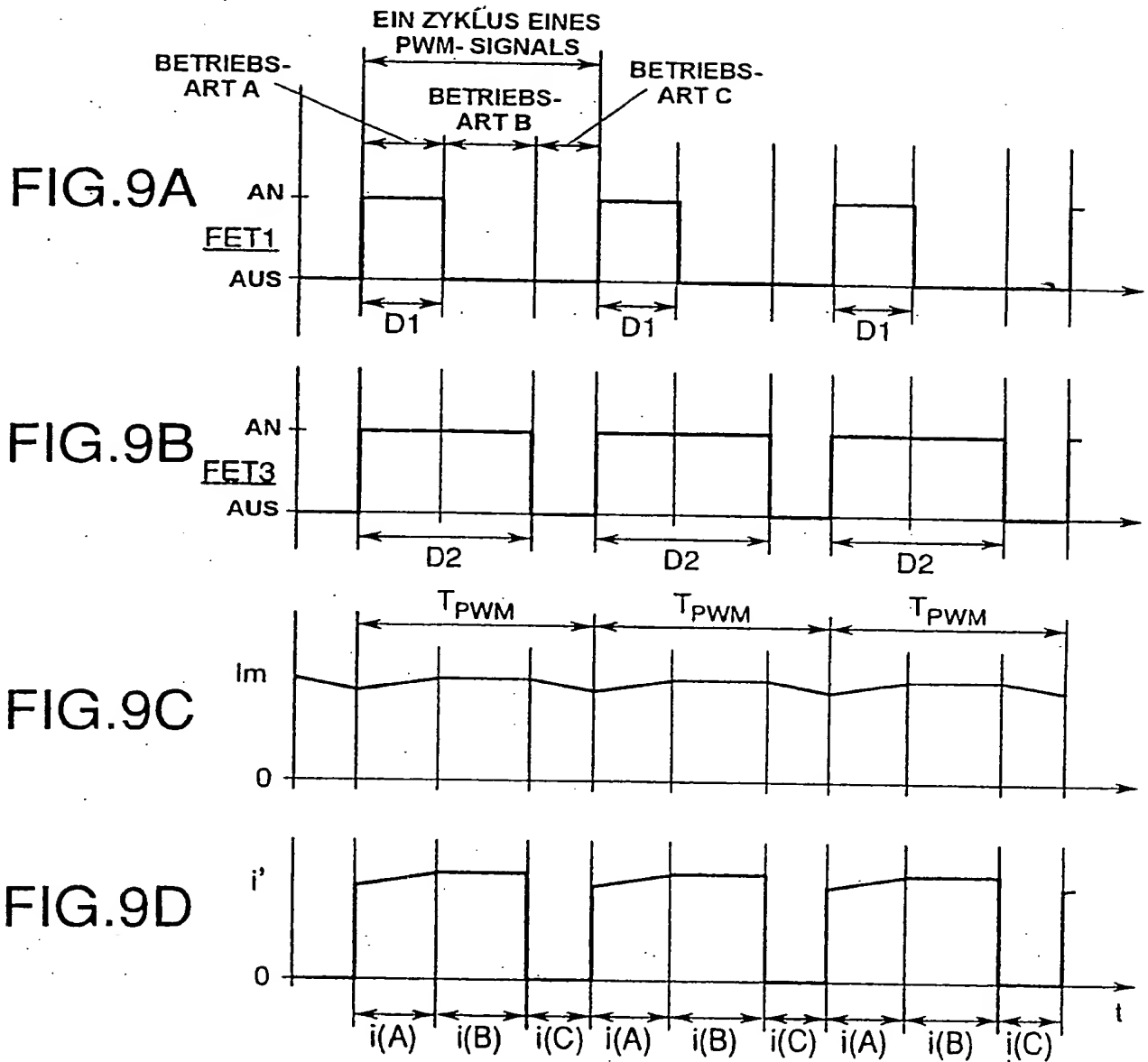


FIG. 8B



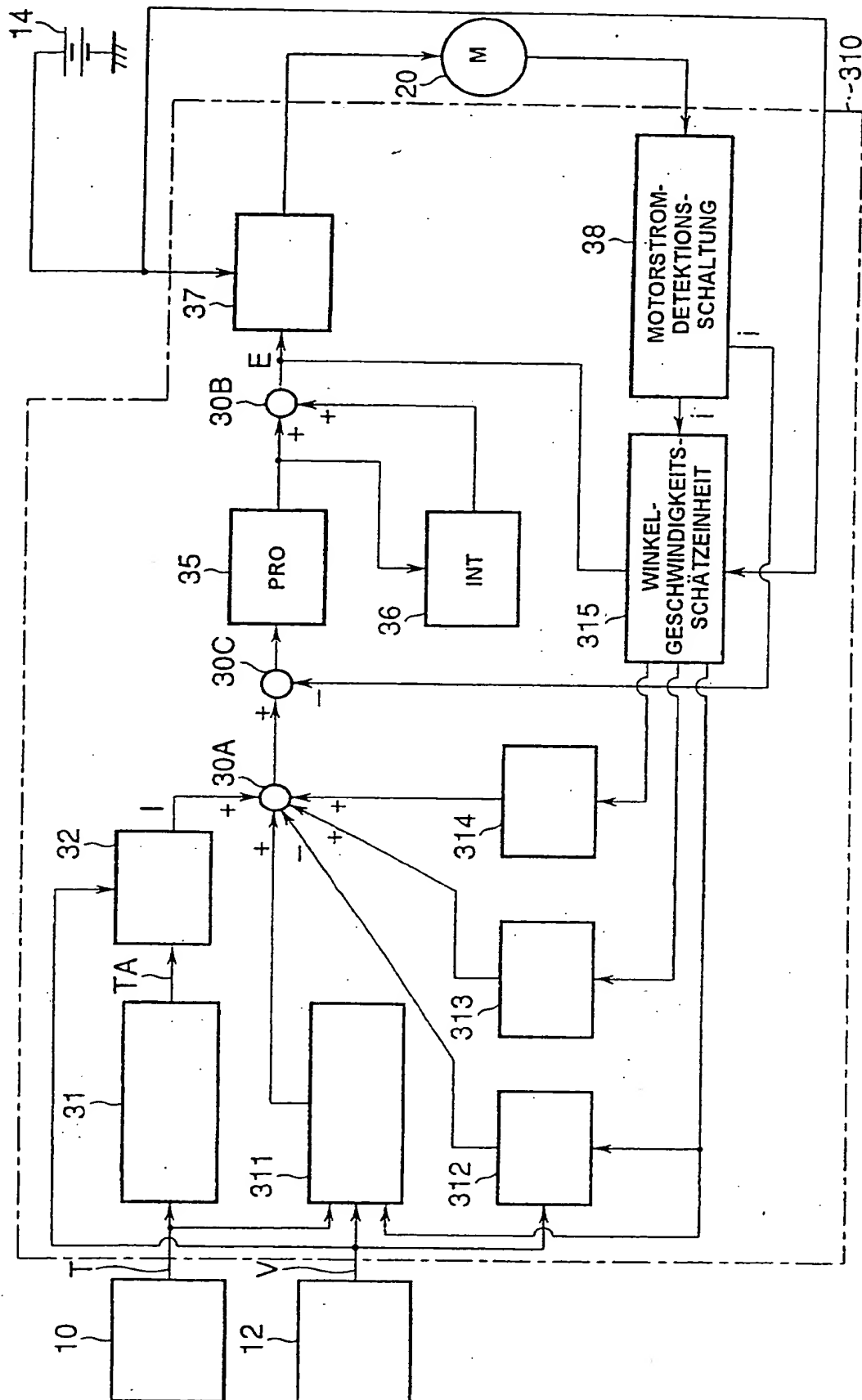


FIG.10

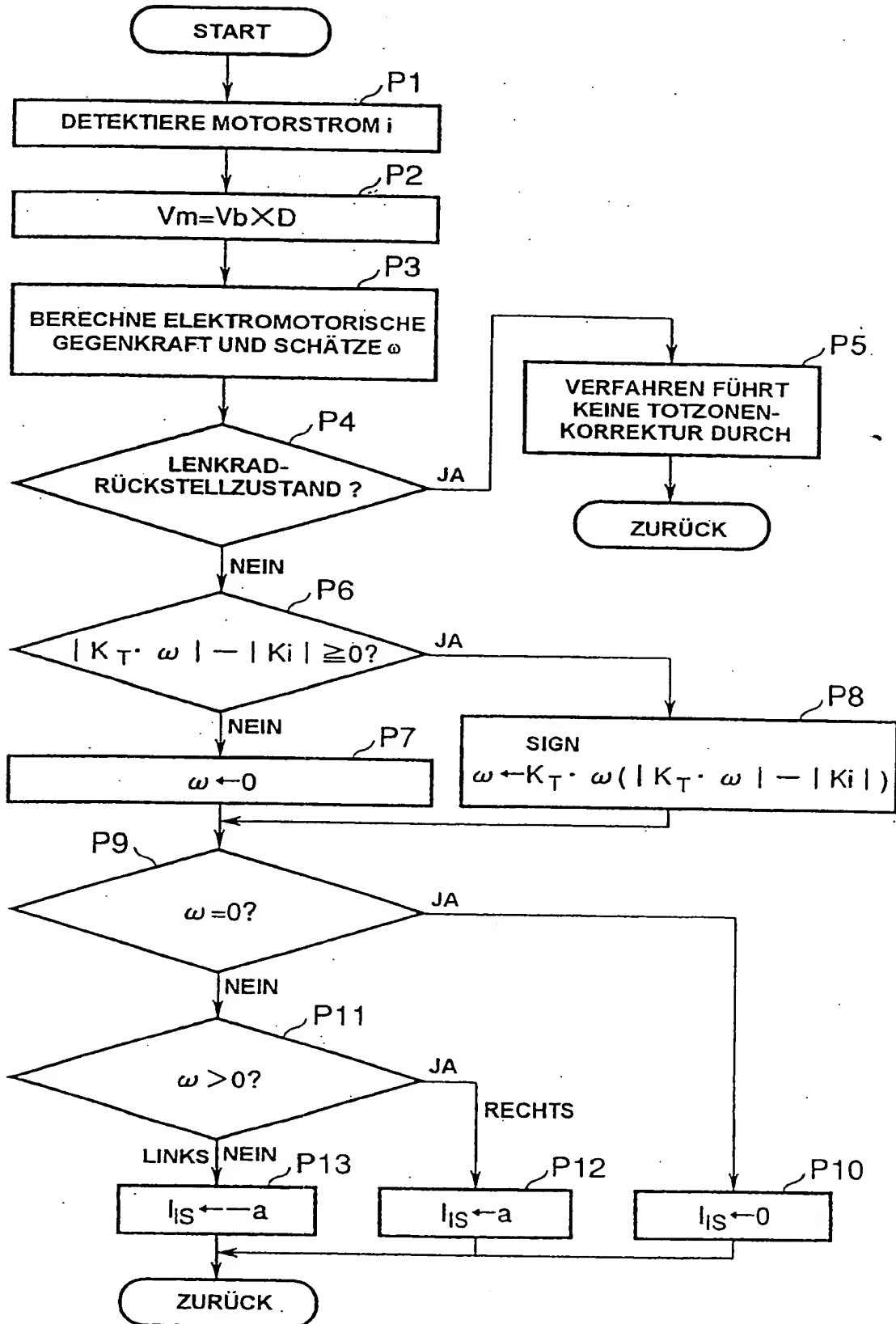


FIG.11

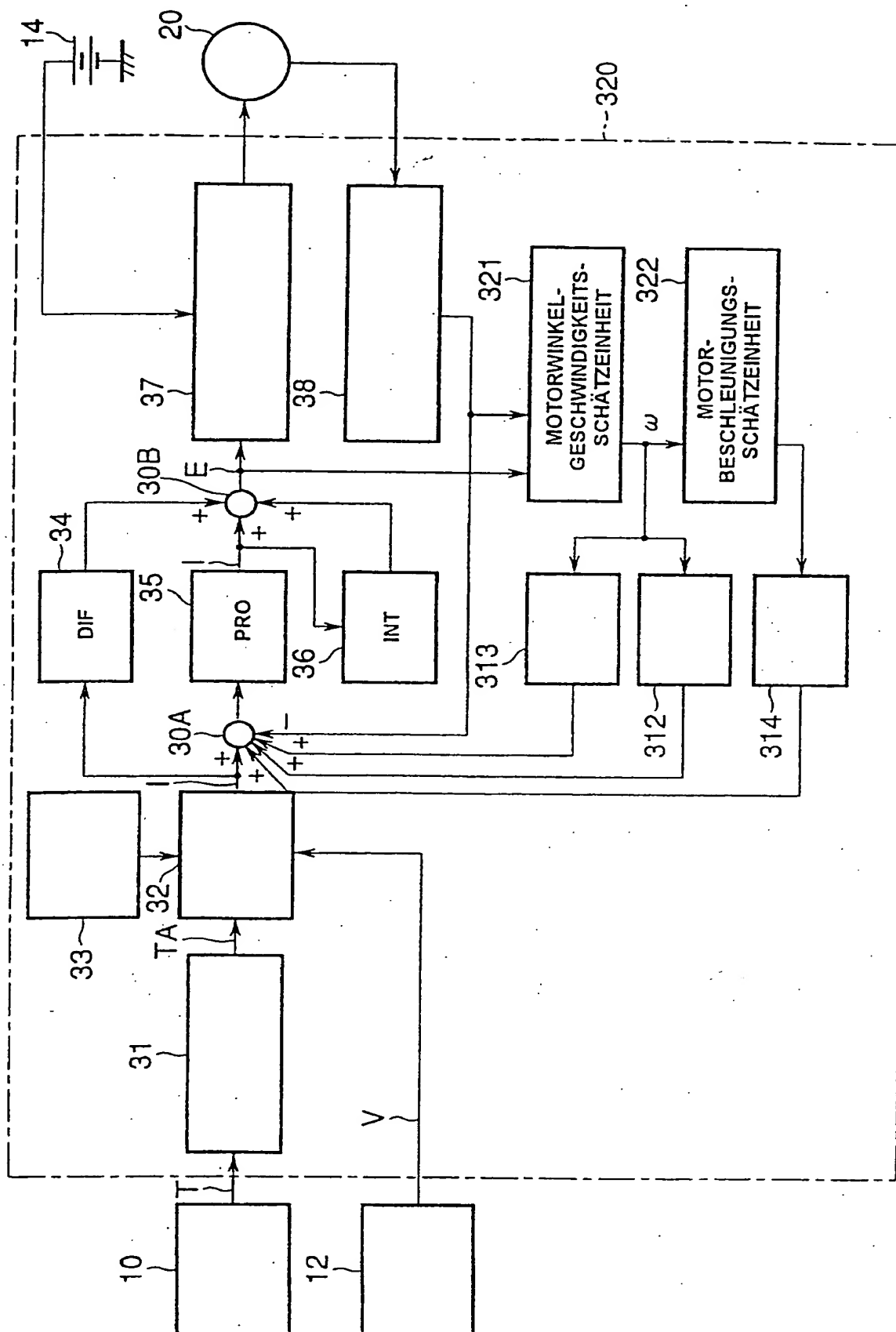


FIG. 12

FIG.13A

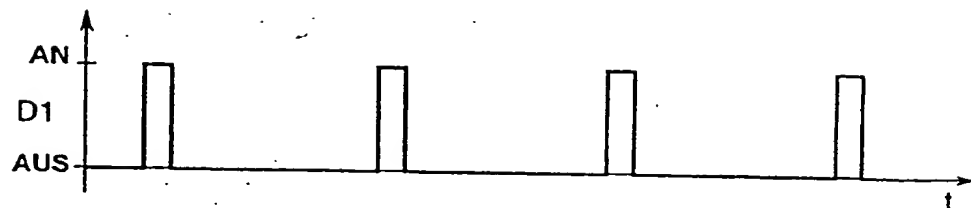


FIG.13B

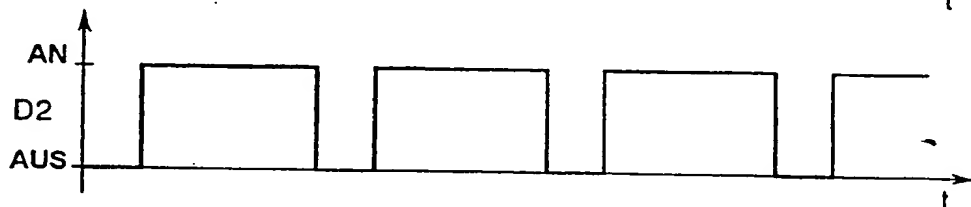


FIG.13C

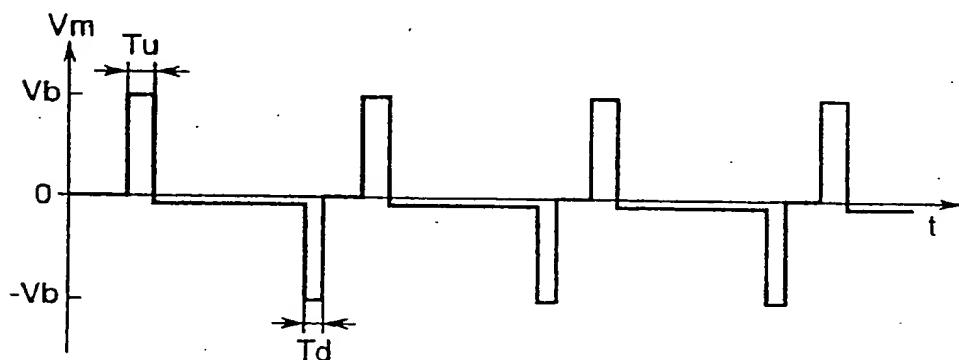


FIG.13D

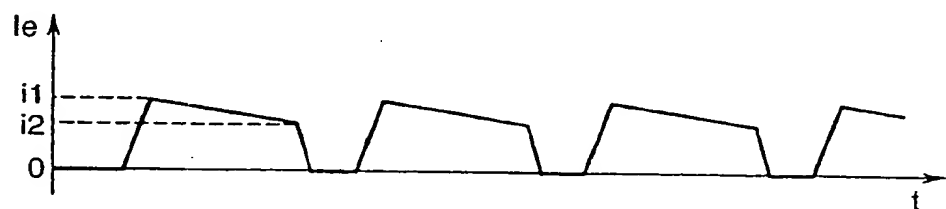
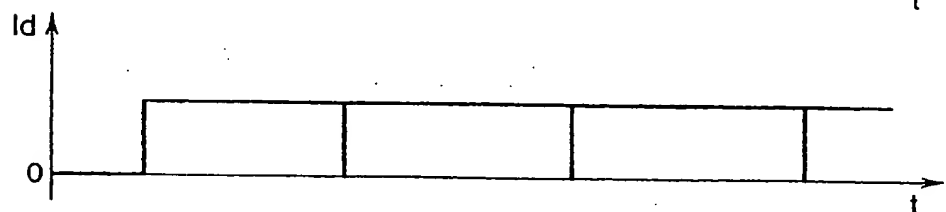


FIG.13E



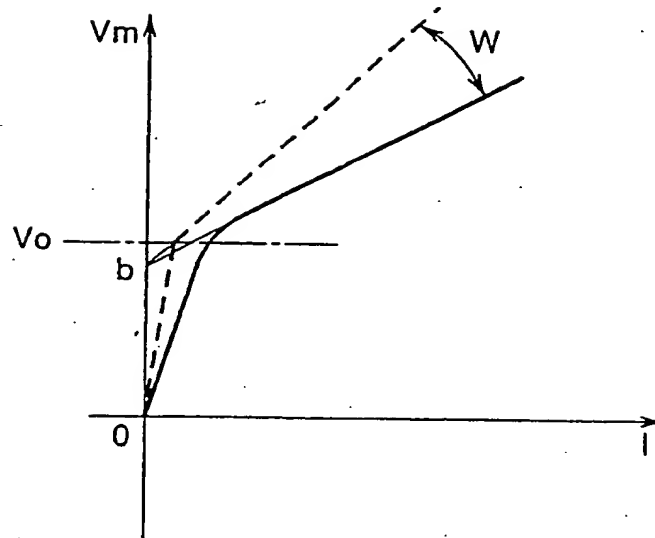


FIG.15

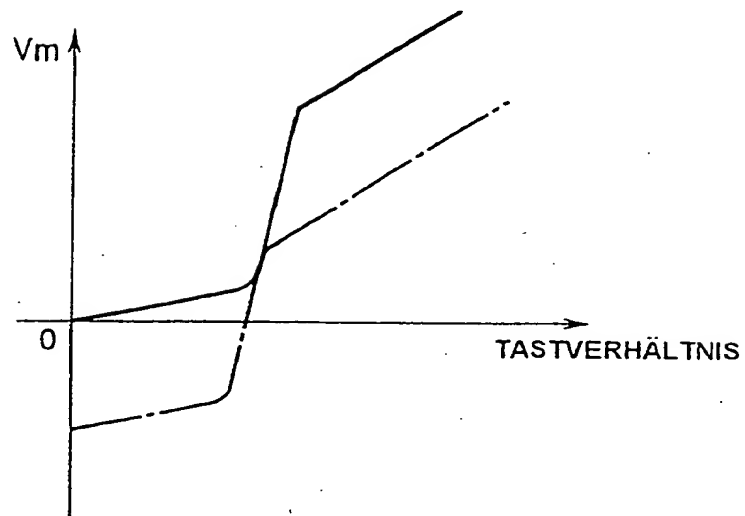


FIG.16

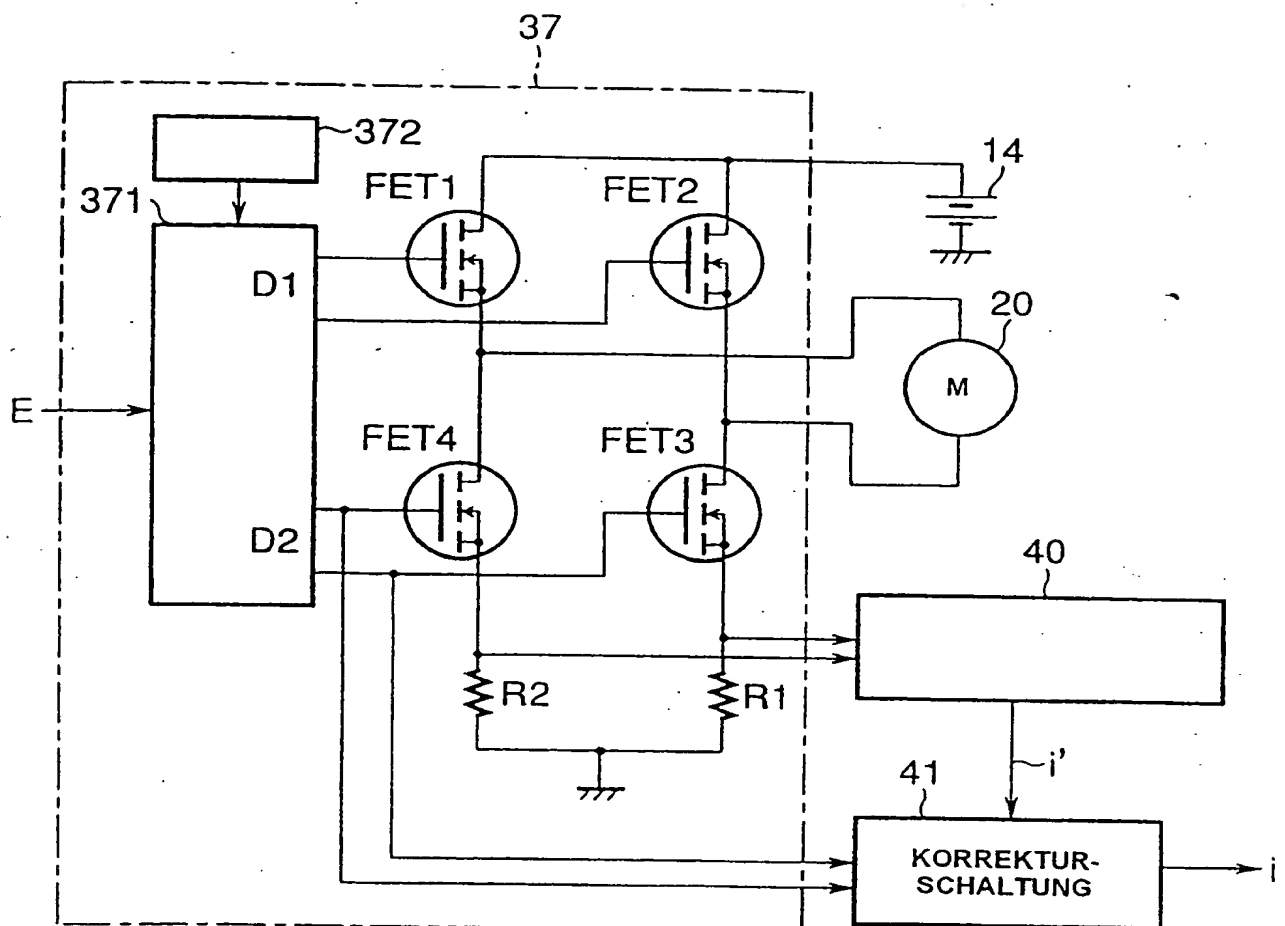


FIG.17

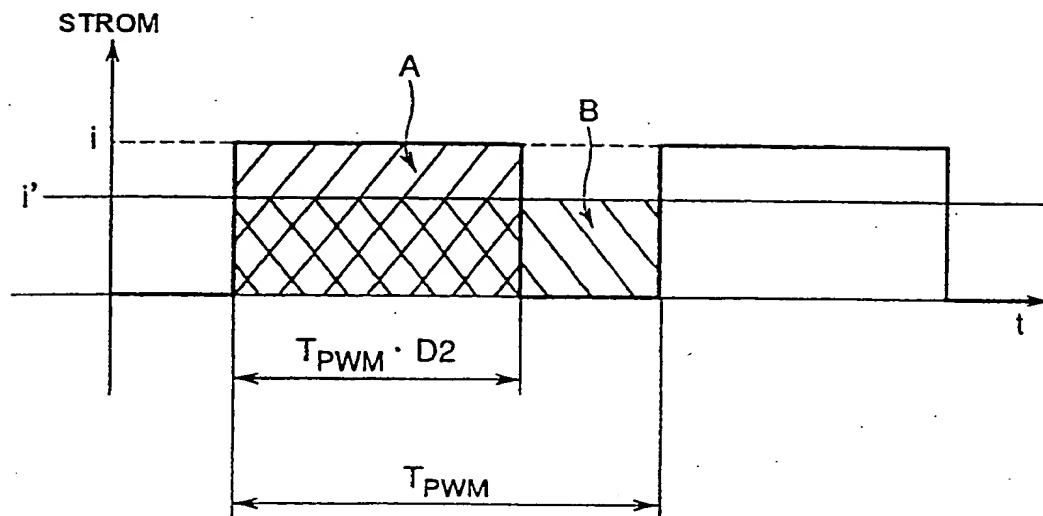


FIG.18